

**PENGENDALIAN KUALITAS  
PADA STASIUN *FILLING* SIRUP ABC *SQUASH DELIGHT*  
DENGAN METODE *SIX SIGMA*  
(STUDI KASUS DI PT HEINZ ABC - PASURUAN)**

**Oleh:  
Amalia Tri Octavia  
NIM 135100307111053**

**Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh  
gelar Sarjana Teknik**



**JURUSAN TEKNOLOGI INDUSTRI PERTANIAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
MALANG  
2018**

## LEMBAR PERSETUJUAN

Judul TA : Pengendalian Kualitas pada Stasiun *Filling* Sirup ABC  
*Squash Delight* dengan Metode *Six Sigma* (Studi Kasus di PT Heinz ABC - Pasuruan)

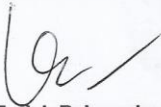
Nama Mahasiswa : Amalia Tri Octavia

NIM : 135100307111053

Jurusan : Teknologi Industri Pertanian

Fakultas : Teknologi Pertanian

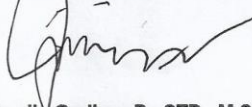
Pembimbing Pertama,



**Dr. Ir. Endah Rahayu Lestari, MS.**

NIP. 19590924 198601 2 001

Pembimbing Kedua,



**Claudia Gadizza P., STP., M.Si.**

NIK. 201309 871018 2 001

Tanggal Persetujuan:

29 Januari 2018

Tanggal Persetujuan:

8 Februari 2018

## LEMBAR PENGESAHAN

Judul TA : Pengendalian Kualitas pada Stasiun *Filling* Sirup ABC  
*Squash Delight* dengan Metode *Six Sigma* (Studi Kasus di PT Heinz ABC - Pasuruan)

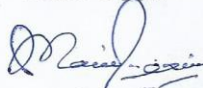
Nama Mahasiswa : Amalia Tri Octavia

NIM : 135100307111053

Jurusan : Teknologi Industri Pertanian

Fakultas : Teknologi Pertanian

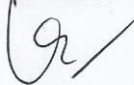
Dosen Penguji I,



**Mas'ud Effendi, STP. MP.**

NIP. 19800823 200501 1 003

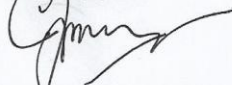
Dosen Penguji II,



**Dr. Ir. Endah Rahayu Lestari, MS.**

NIP. 19590924 198601 2 001

Dosen Penguji III,



**Claudia Gadizza P., STP., M.Si.**

NIK. 201309 871018 2 001



**Tri Sucipto, STP, MP.**

NIP. 19731002 199903 1 001

Tanggal Lulus TA : .....

## RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Malang tanggal 1 Oktober 1994 dari ayah yang bernama Priyanto dan Ibu bernama Yatemi. Penulis menyelesaikan Pendidikan Sekolah Dasar di SDN Gadang IX Malang Tahun 2007, kemudian melanjutkan ke Madrasah Tsanawiyah di MTs Nurul Ulum Malang dengan tahun lulus 2010, dan menyelesaikan Madrasah Aliyah di MA Nurul Ulum Malang pada tahun 2013. Pada tahun 2018 penulis telah berhasil menyelesaikan pendidikannya di Universitas Brawijaya Malang, Jurusan Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian. Pada masa pendidikannya, penulis aktif sebagai Asisten Praktikum Dasar Pemrograman, *Production Planning and Inventory Control*, dan Pengetahuan Bahan Agroindustri. Penulis juga aktif dalam organisasi sebagai Staf Ahli Himpunan Jurusan Teknologi Industri Pertanian (HIMATITAN) periode 2015 Bidang Pengabdian dan Hubungan Masyarakat. Penulis juga aktif dalam kegiatan kepanitiaan yang diadakan jurusan yaitu sebagai Divisi Kesehatan Panitia PKM Stulabo 2014, *Steering Committee* Divisi Konsumsi Studi Lapang 2016.

*Alhamdulillah,  
Karya ini saya persembahkan kepada orang-orang yang  
selalu memberikan dukungan dan doanya kepada saya yaitu  
Orang tua, Kakak, dan Teman – Teman*

## PERNYATAAN KEASLIAN TA

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : Amalia Tri Octavia  
NIM : 135100307111053  
Jurusan : Teknologi Industri Pertanian  
Fakultas : Teknologi Pertanian  
Judul TA : Pengendalian Kualitas pada Stasiun  
*Filling Sirup ABC Squash Delight*  
dengan Metode *Six Sigma* (Studi  
Kasus di PT Heinz ABC - Pasuruan)

Menyatakan bahwa,

TA dengan judul di atas merupakan karya asli penulis tersebut di atas. Apabila di kemudian hari terbukti pernyataan ini tidak benar saya bersedia dituntut sesuai hukum yang berlaku.

Malang, 9 Februari 2018  
Pembuat Pernyataan,

Amalia Tri Octavia  
NIM 135100307111053

**AMALIA TRI OCTAVIA. 135100307111053. Pengendalian Kualitas pada Stasiun *Filling* Sirup ABC *Squash Delight* dengan Metode *Six Sigma* (Studi Kasus di PT Heinz ABC - Pasuruan). TA. Pembimbing: Dr. Ir. Endah Rahayu Lestari, MS. dan Claudia Gadizza Perdani, STP., M.Si.**

---

## **RINGKASAN**

Pengendalian kualitas dilakukan pada hampir seluruh perusahaan, termasuk PT Heinz ABC Pasuruan. Salah satu produk yang dihasilkannya adalah Sirup *Squash Delight Orange* 525 ml. Permasalahan yang dialami saat ini yaitu volume produk tidak sesuai spesifikasi dan *crown* botol tidak menutup sempurna. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jenis ketidaksesuaian atau cacat, kapabilitas proses, level sigma, faktor-faktor penyebab ketidaksesuaian serta solusi terbaik untuk usulan perbaikan proses pada stasiun *filling*. Pengendalian kualitas ini penting dilakukan agar produk sesuai dengan spesifikasi perusahaan dan kebutuhan konsumen, serta diharapkan dapat menghindari kerugian yang disebabkan adanya produk *rework* dan kehilangan kesempatan untuk memproduksi produk lebih banyak.

Penelitian ini berbentuk deskriptif dengan menggunakan metode *Six Sigma* yang bertujuan untuk memonitor proses pada stasiun *filling* Sirup *Squash Delight Orange* 525 ml. Metode *Six Sigma* menggabungkan penggunaan metode statistik, pemahaman kebutuhan pelanggan serta mengurangi variabilitas proses. Metode tersebut dapat mengukur berapa banyak *defect* yang terdapat di dalam proses, selanjutnya mengeliminasi penyebab *defect* sehingga dapat mencapai *zero waste*. Analisis *Six Sigma* pada penelitian ini menggunakan metodologi *Define, Measure, Analyze* dan *Improve*. Pengambilan sampel dilakukan dengan metode *simple random sampling* dengan jumlah 200 sampel per *shift*. Output dari penelitian ini yaitu nilai kapabilitas proses pada stasiun *filling*, level sigma, serta usulan perbaikan menggunakan *Fuzzy FMEA* berdasarkan nilai FRPN tertinggi.

Berdasarkan hasil penelitian, ketidaksesuaian paling tinggi yaitu *underfill* dan *overfill* pada proses *filling*. Kapabilitas

proses jangka pendek dan panjang  $< 1$ . Level sigma jangka pendek 3,7604 dan jangka panjang 2,6612. Penyebab terjadinya *underfill* dan *overflow* dengan nilai FRPN tertinggi adalah intensitas penyemprotan alkohol belum sesuai (5,47); kurangnya *skill* operator untuk mengoperasikan dan *setting* mesin (5,29); dan *ring* pada *nozzle* bermasalah (4,60). Saran perbaikan untuk mode kegagalan tertinggi yaitu penempelan instruksi kerja (IK) *filling*, termasuk penyemprotan alkohol dan *setting* mesin. Selanjutnya penggantian *ring* secara teratur, peningkatan *monitoring* volume produk, peningkatan *quality awareness* serta perawatan mesin secara berkala.

Kata Kunci: *Fuzzy FMEA*, Pengendalian Kualitas, *Six Sigma*



**AMALIA TRI OCTAVIA. 135100307111053. *Quality Control at Filling Station of ABC Squash Delight Syrup with Six Sigma Method (Case Study at Heinz ABC Inc. – Pasuruan). Minor Thesis. Supervisors: Dr. Ir. Endah Rahayu Lestari, MS. and Claudia Gadizza Perdani, STP., M.Si.***

---

## **SUMMARY**

Quality control is performed on almost all companies, including Heinz ABC Pasuruan Inc. One of its products is Squash Delight Orange Syrup 525 ml. The main problems are the volume of the product does not match the specifications and the bottle crown does not close perfectly. This study aims to determine the type of nonconformities or defect, process capability, sigma level, causal factors of nonconformities and the best solution for the proposed process improvement at the filling station. Quality control is important to make the product suitable with company specifications and consumer needs, and is expected to avoid losses caused by rework products and lost the opportunity to produce more products.

This research is a descriptive in the company by using Six Sigma method that aims to monitor the process on the filling station Squash Delight Orange Syrup 525 ml. The Six Sigma method combines with statistical methods, understanding customer needs and reducing process variability. The method can measure how many defects are in the process, then eliminate the cause of the defect so it can achieve zero waste. Six Sigma analysis in this research use Define, Measure, Analyze and Improve methodology. Sampling was done by simple random sampling method with 200 samples per shift. The output of this research is process capability value at filling station, sigma level, and improvement proposal using Fuzzy FMEA based on highest FRPN value.

Based on the research results, the highest nonconformities is underfill and overfill on the filling process. Short and long process capabilities  $<1$ . Short-term sigma levels 3.7604 and long-term 2.6612. The cause of underfill and overfill with the highest FRPN value is the intensity of spraying alcohol is

*not appropriate (5.47); lack of operator skill to operate and machine setting (5.29); and the ring on the nozzle problem (4.60). Recommendation of improvement for the highest failure mode is the work instruction (WI) filling attachment, including alcohol spraying and machine settings. Furthermore, regular ring replacement, increased product volume monitoring, increased quality awareness and regular maintenance of the machine.*

*Keyword: Fuzzy FMEA, Quality Control, Six Sigma*

## KATA PENGANTAR

Segala puji syukur atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa karena berkat rahmat dan anugerah-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini. Tugas akhir ini berjudul “Pengendalian Kualitas pada Stasiun *Filling* Sirup ABC *Squash Delight* dengan Metode *Six Sigma* (Studi Kasus di PT Heinz ABC - Pasuruan)”. Penyusunan tugas akhir ini merupakan salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua Orang tua yaitu Bapak Priyanto dan Ibu Yatemi serta Kakak penulis yang telah memberikan doa, motivasi dan dukungan penuh berupa moral dan materil selama ini.
2. Ibu Dr. Ir. Endah Rahayu Lestari, MS. selaku dosen pembimbing pertama Tugas Akhir yang telah meluangkan waktunya dan membimbing penulis.
3. Ibu Claudia Gadizza Perdani, STP. M.Si. selaku dosen pembimbing kedua Tugas Akhir yang telah meluangkan waktunya dan membimbing penulis.
4. Bapak Ir. Usman Effendi, MS. dan Bapak Mas’ud Effendi, STP. MP. selaku dosen penguji Tugas Akhir yang telah memberikan kritik dan saran membangun.
5. Bapak Dr. Sucipto STP., MP. selaku ketua jurusan Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya.
6. Bapak Agung, Bapak Dhani, Bapak Agus, Bapak Sahid dan pihak PT. Heinz ABC Indonesia Pasuruan yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk melakukan penelitian tugas akhir.
7. Teman seperjuangan selama kuliah yaitu Tito, Acil, Jundi, Farhan, Vian, Badar, Ayu, Dina, Venta, Widhi, Dewi, Devid, Nanda, Levi, Angga, Aditya, Hendik, Adip, Fikri, Roziq, Galuh yang telah memberikan dukungan dan bantuannya selama ini.
8. Teman-teman bimbingan Tugas Akhir Bu Endah sebagai teman seperjuangan skripsi yang saling memberikan

semangat serta seluruh teman-teman TIP 2013 yang tidak bisa disebutkan satu-persatu.

Akhirnya harapan penulis semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis maupun semua pihak yang membutuhkan.

Malang, 9 Februari 2018  
Penulis,

Amalia Tri Octavia

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
LEMBAR PERSETUJUAN .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
RIWAYAT HIDUP .....	iv
HALAMAN PERUNTUKKAN .....	v
PERNYATAAN KEASLIAN TA .....	vi
RINGKASAN .....	vii
SUMMARY .....	ix
KATA PENGANTAR .....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR TABEL .....	xv
DAFTAR GAMBAR .....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN .....	xvii
<b>I. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan.....	4
1.4 Manfaat .....	4
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
2.1 <i>Squash</i> .....	5
2.2 Pengendalian Kualitas.....	5
2.3 <i>Six Sigma</i> .....	8
2.4 Alat Statistik Pengukuran <i>Six Sigma</i> .....	12
2.4.1 <i>Statistical Process Control</i> .....	12
2.4.2 <i>Fuzzy FMEA</i> .....	15
2.5 Kapabilitas Proses .....	17
2.6 Penelitian Terdahulu .....	21
<b>III. METODE PENELITIAN .....</b>	<b>25</b>
3.1 Tempat dan Waktu Kegiatan .....	25
3.2 Batasan Masalah .....	25
3.3 Prosedur Penelitian .....	25
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>41</b>
4.1 Gambaran Umum Perusahaan.....	41
4.2 Proses Produksi.....	41
4.3 Analisis Data dengan Metode <i>Six Sigma</i> .....	44

4.3.1 Tahap <i>Define</i> .....	44
4.3.2 Tahap <i>Measure</i> .....	47
4.3.3 Tahap <i>Analyze</i> .....	53
4.3.4 Tahap <i>Improve</i> .....	57
<b>V. KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>63</b>
5.1 Kesimpulan .....	63
5.2 Saran .....	63
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>65</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>77</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	SNI 01 – 2984 – 1992, Minuman <i>Squash</i> .....	6
Tabel 2.2	Komparasi <i>Six Sigma</i> Standar Statistika dan <i>Six Sigma</i> Motorola .....	9
Tabel 3.1	Analisis Pareto Jenis CTQ.....	29
Tabel 3.2	<i>Six Sigma Charter</i> .....	29
Tabel 3.3	ANSI/ASQ Z1.9 2003, Inspeksi Normal Level 2.....	31
Tabel 3.4	Penentuan DPMO dan Level Sigma .....	37
Tabel 3.5	<i>Fuzzy Weight</i> untuk Kepentingan Relatif Faktor Risiko .....	38
Tabel 3.6	Bobot Kepentingan Relatif Responden.....	39
Tabel 4.1	Analisis Pareto Jenis CTQ Proses <i>Filling</i> .....	46
Tabel 4.2	<i>Six Sigma Charter</i> Proses <i>Filling</i> .....	48
Tabel 4.3	Penentuan DPMO dan Level Sigma Jangka Panjang dan Pendek .....	55

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Proses Pembuatan <i>Squash</i> Secara Umum .....	7
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian .....	27
Gambar 3.2	Kuadran Kapabilitas Proses .....	36
Gambar 4.1	Diagram Pareto Stasiun <i>Filling</i> .....	47
Gambar 4.2	Peta Kendali Proses <i>Filling</i> .....	50
Gambar 4.3	Kuadran Kapabilitas Proses <i>Filling</i> .....	52
Gambar 4.4	Diagram Sebab Akibat Variasi Volume Proses <i>Filling</i> .....	54



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Konstanta Peta Kendali $\bar{X} - S$ .....	77
Lampiran 2	Kuesioner FMEA .....	79
Lampiran 3	Skala Penilaian <i>Severity</i> .....	87
Lampiran 4	Skala Penilaian <i>Occurrence</i> .....	89
Lampiran 5	Skala Penilaian <i>Detection</i> .....	91
Lampiran 6	<i>Fuzzy Rating</i> untuk <i>Severity</i> .....	93
Lampiran 7	<i>Fuzzy Rating</i> untuk <i>Occurrence</i> .....	95
Lampiran 8	<i>Fuzzy Rating</i> untuk <i>Detection</i> .....	97
Lampiran 9	Proses Produksi Sirup ABC <i>Squash Delight Orange</i> .....	99
Lampiran 10	Data Pengukuran Volume ABC <i>Squash Delight Orange</i> .....	101
Lampiran 11	Uji Normalitas .....	103
Lampiran 12	Peta Kendali Proses <i>Filling</i> .....	105
Lampiran 13	Data Pengukuran Volume ABC <i>Squash Delight Orange</i> Revisi .....	107
Lampiran 14	Gambar Produk <i>Overfill</i> dan <i>Underfill</i> .....	115
Lampiran 15	Uji Normalitas dan Kecukupan Data Revisi .....	117
Lampiran 16	Perhitungan Kapabilitas Proses .....	123
Lampiran 17	Tabel Konversi DPMO ke Nilai Sigma .....	127
Lampiran 18	Perhitungan DPMO .....	131
Lampiran 19	Rekap Kuesioner <i>Fuzzy FMEA</i> .....	135
Lampiran 20	Penyesuaian ke Istilah Linguistik dan <i>Fuzzy Number</i> .....	137
Lampiran 21	Agregasi Penilaian Peringkat <i>Fuzzy</i> terhadap Faktor S, O, D .....	139
Lampiran 22	Agregasi Perhitungan Bobot Kepentingan Skor S, O, D .....	143
Lampiran 23	Perhitungan Nilai FRPN .....	145

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kualitas produk atau jasa merupakan kunci keunggulan dalam persaingan bisnis, yaitu kemampuan sebuah perusahaan untuk mencapai keunggulan pasar (Evans dan William, 2007). Hal tersebut mengharuskan perusahaan untuk menjaga konsistensi kualitas produk yang dihasilkan. Salah satu cara untuk menjaga konsistensi kualitas produk adalah dengan melakukan pengendalian kualitas mulai dari bahan baku hingga produk yang dihasilkan. Menurut Bakhtiar *dkk.* (2013), pengendalian kualitas perlu dilakukan agar produk sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan. Menurut Joghee (2017), pengendalian kualitas merupakan teknik yang sering digunakan di dunia industri untuk mengembangkan peta kendali sehingga dapat memonitor stabilitas produk dan proses. Pengendalian kualitas perlu dilakukan untuk mempertahankan proses produksi pada kondisi yang seimbang sehingga output proses sesuai dengan standar yang telah ditetapkan karena proses dapat selalu dievaluasi. Pengendalian kualitas tersebut merupakan upaya yang dilakukan pada hampir seluruh perusahaan, termasuk PT Heinz ABC Indonesia.

PT Heinz ABC Indonesia merupakan perusahaan global yang bergerak di bidang industri makanan dan minuman. Salah satu produk yang dihasilkan PT Heinz ABC adalah sirup ABC *Squash Delight* 525 ml. Menurut SNI 01-2984-1992, *squash* merupakan produk yang dihasilkan dari sari buah dalam bentuk konsentrat dengan adanya penambahan gula. Menurut peraturan yang dikeluarkan Kepala BPOM pada tahun 2016 tentang kategori pangan, *squash* merupakan minuman yang diperoleh dari campuran sirup atau gula dan sari buah yang penggunaannya diencerkan dengan air terlebih dahulu. *Squash* mengandung kadar gula dalam bentuk sakarosa antara 25-55%.

Sebagai perusahaan yang telah memperoleh sertifikat HACCP, PT Heinz ABC senantiasa menjaga proses pembuatan sirup agar sesuai dengan standar yang ditetapkan, baik itu dari segi komposisi, kesehatan dan keamanannya. Namun pada

proses lainnya seperti stasiun *filling*, masih terdapat beberapa kriteria yang tidak sesuai dengan standar yang ditetapkan perusahaan. Stasiun *filling* terdiri dari dua proses yaitu proses pengisian (*filling*) sirup dan penutupan (*capping*) *crown* botol.

Proses *filling* sangat rawan terjadi variasi volume. Variasi volume tersebut merupakan permasalahan yang harus dikendalikan karena berhubungan dengan regulasi dan kerugian yang dialami perusahaan. Adanya produk dengan volume di bawah standar (*underfill*) mengakibatkan perusahaan tidak dapat memenuhi regulasi yang dikeluarkan oleh Menteri Perdagangan Republik Indonesia pada tahun 2011 mengenai Barang Dalam Keadaan Terbungkus (BDKT) yang bisa berdampak pada *recall*. Sedangkan produk dengan volume di atas standar (*overfill*) menyebabkan perusahaan mengalami kerugian karena adanya kehilangan kesempatan untuk menjual lebih banyak produk. Sebenarnya perusahaan telah melakukan pengendalian kualitas pada proses *filling* menggunakan peta kendali rata-rata. Namun perusahaan ingin memverifikasi peta kendali tersebut, dikarenakan tidak tercapainya target produksi yang telah ditetapkan. Selanjutnya pada proses *capping* sering ditemukan adanya *crown* yang tidak tertutup sempurna sehingga harus dilakukan *rework*, yang berarti perusahaan harus mengeluarkan biaya lebih. Adanya permasalahan tersebut, maka diperlukan penelitian yang bertujuan untuk mengendalikan dan memonitor proses pada stasiun *filling* dengan menggunakan metode *Six Sigma*. Penggunaan metode *six sigma* diharapkan dapat meningkatkan kapabilitas proses pada stasiun *filling*.

*Six Sigma* merupakan pendekatan yang menggabungkan penggunaan metode statistik, memahami kebutuhan pelanggan serta mengurangi variabilitas proses sehingga dapat meningkatkan kapabilitas proses dan mengurangi level produk *defect* yang dinyatakan dengan maksimum jumlah kesalahan adalah 3,4 per satu juta kesempatan (Simanova, 2015). Menurut Charantimath (2011), metode tersebut dapat mengukur berapa banyak *defect* yang terdapat di dalam proses, selanjutnya perusahaan dapat menemukan cara untuk mengeliminasinya sehingga dapat mencapai *zero waste*. Analisis *Six Sigma* menggunakan

metodologi yang dikenal dengan *Define Opportunities, Measure Performance, Analyse Opportunity, Improve Performance and Control Performance* (DMAIC) untuk meningkatkan proses yang ada. Pada analisis *six sigma* tersebut juga dilakukan kalkulasi nilai kapabilitas proses serta DPMO untuk mengetahui nilai cacat per satu juta kesempatan dan kemudian dikonversi ke dalam level sigma yang mengindikasikan variabilitas proses.

Selanjutnya analisis usulan perbaikan dengan menggunakan *Fuzzy FMEA*. Salah satu penelitian mengenai *Six Sigma* dilakukan oleh Marques dan Matth   (2017) untuk memperbaiki kinerja proses pengecoran aluminium pada perusahaan *Sociadade Transformadora de Al  minios* (STA) di Portugal. Perusahaan tersebut merancang dan memproduksi pintu dan jendela dari aluminium. Hasil pengukuran sebelum dilakukan penerapan *six sigma* DMAIC menunjukkan bahwa nilai DPMO perusahaan tersebut adalah 209,904 dengan level sigma 2,3. Setelah dilakukan penerapan metode *six sigma*, hasil DPMO perusahaan tersebut berkurang menjadi 54,799 dengan level sigma 3,1.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, terdapat beberapa permasalahan yang dapat dirumuskan yaitu:

1. Jenis cacat atau ketidaksesuaian apa saja yang paling tinggi pada stasiun *filling* sirup ABC *Squash Delight* 525 ml.
2. Bagaimana kapabilitas proses dan level sigma proses dengan tingkat cacat atau ketidaksesuaian tertinggi pada stasiun *filling* dalam menghasilkan sirup ABC *Squash Delight* 525 ml yang sesuai spesifikasi.
3. Faktor-faktor apa saja yang menyebabkan adanya ketidaksesuaian pada proses dengan tingkat cacat paling tinggi serta bagaimana solusi terbaik sebagai usulan perbaikannya.

### 1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menentukan jenis cacat atau ketidaksesuaian apa saja yang paling tinggi pada stasiun *filling* sirup ABC *Squash Delight* 525 ml.
2. Menentukan kapabilitas proses dan level sigma proses dengan tingkat cacat tertinggi pada stasiun *filling* sirup ABC *Squash Delight* 525 ml.
3. Menentukan faktor-faktor yang menyebabkan ketidaksesuaian pada proses dengan peringkat cacat tertinggi serta solusi untuk usulan perbaikannya.

### 1.4 Manfaat

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Memberikan informasi mengenai kapabilitas proses, level sigma, faktor penyebab ketidaksesuaian serta solusi terbaik pada proses pada stasiun *filling* untuk menghasilkan produk sirup ABC *Squash Delight*.
2. Sarana pengembangan, penerapan keilmuan serta diharapkan dapat menjadi informasi yang berguna untuk meningkatkan wawasan mengenai pengendalian kualitas proses dengan metode *Six Sigma*.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 *Squash*

*Squash* merupakan minuman yang diperoleh dari campuran sirup atau gula dan perisa atau sari buah dengan atau tanpa bagian yang dapat dimakan dari satu jenis buah atau lebih. *Squash* dalam penggunaannya harus diencerkan dengan air terlebih dahulu. Karakteristik dasar dari minuman *squash* yaitu memiliki kadar gula sebagai sakarosa 25% hingga 55%, total padatan terlarut tidak kurang dari 30%, serta kandungan sari buah tidak kurang dari 10% (BPOM, 2016). Sedangkan menurut FAO (2016), *squash* terbuat dari campuran 30% pulp buah dan sirup gula dengan konsentrasi gula yang cukup tinggi (12-14%).

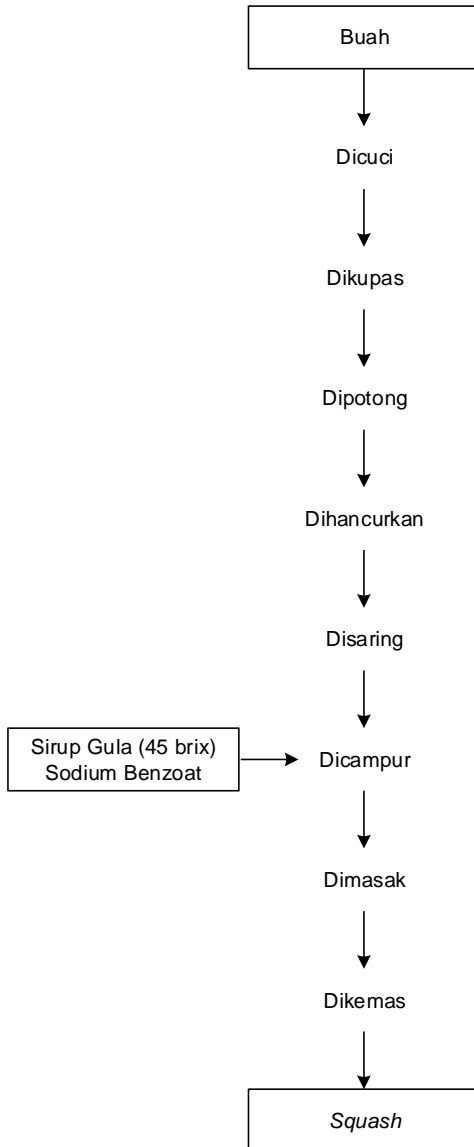
*Squash* mengandung 25-33% jus buah atau *pulp*, 40-50% total padatan terlarut (TSS), 1% asam dan 350 ppm sulfur dioksida (Devi *et al.*, 2015). *Squash* pada umumnya berbahan dasar dari buah citrus (terutama jeruk, jeruk nipis dan lemon) atau campuran dari berbagai buah-buahan dan berry. Campuran buah yang paling banyak digunakan adalah apel dengan *blackcurrant*, raspberry dengan delima, dan jeruk atau peach dengan manga. *Squash* dengan rasa yang kurang populer seperti nanas, delima, raspberry dan stroberi juga telah diproduksi (Joseph dan Sangeeta, 2015). Standar mutu minuman *squash* dapat dilihat pada **Tabel 2.1**. Proses pembuatan sirup *squash* secara umum dapat dilihat pada **Gambar 2.1**.

#### 2.2 Pengendalian Kualitas

Ketatnya persaingan dalam bisnis menyebabkan para pelaku usaha berlomba-lomba untuk memenuhi kebutuhan dan kepuasan konsumen. Salah satu cara yang dapat digunakan adalah dengan menjaga kualitas produknya, oleh karena itu perusahaan harus melakukan aktivitas pengendalian kualitas. Menurut Windarti (2014), proses produksi yang memperhatikan kualitas akan menghasilkan produk yang bebas dari kerusakan. Hal tersebut dapat menghindarkan perusahaan dari pemborosan dan inefisiensi sehingga biaya produksi per unit dapat ditekan dan harga produk menjadi lebih kompetitif.

**Tabel 2.1** SNI 01 – 2984 – 1992, Minuman *Squash*

No	Kriteria Uji	Satuan	Persyaratan
1	Keadaan:		
1.1	Bau	-	normal
1.2	Rasa	-	normal
2	Derajat asam	ml basa 1N/100 gram	min. 20
3	Jumlah gula, sebagai sukrosa, (b/b)	%	25 - 55
4	Padatan total terlarut, (b/b)	%	min. 30
5	Sari tanpa gula	%	min. 25
6	Bahan tambahan makanan:		
6.1	Pemanis buatan	-	tidak ternyata
6.2	Pewarna tambahan	-	sesuai SNI 01-0222-1995
6.3	Pengawet	-	sesuai SNI 01-0222-1995
7	Cemaran logam:		
7.1	Timbal (Pb)	mg/kg	maks. 0,3
7.2	Tembaga (Cu)	mg/kg	maks. 5,0
7.3	Seng (Zn)	mg/kg	maks. 5,0
7.4	Raksa (Hg)	mg/kg	maks. 0,03
7.5	Timah (Sn)	mg/kg	maks. 40,0
8	Cemaran Arsen (As)	mg/kg	maks. $2 \times 10^2$
9	Cemaran Mikroba:		
9.1	Angka lempeng total (ALT)	koloni/ml	maks. $2 \times 10^2$
9.2	Bakteri <i>Coliform</i>	APM/ml	maks. 20
9.3	<i>Escherichia coli</i>	APM/ml	< 3
9.4	Kapang	koloni/ml	maks. 50
9.5	Khamir	koloni/ml	maks. 50
9.6	<i>Salmonella</i>	koloni/ml	negatif



**Gambar 2.1** Proses Pembuatan *Squash* secara Umum  
(Joseph and Sangeeta, 2015).



Menurut Clute (2009), pengendalian kualitas merupakan serangkaian prosedur yang digunakan untuk memastikan bahwa produk yang dihasilkan telah sesuai dengan spesifikasi, baik itu spesifikasi yang ditetapkan oleh produsen maupun spesifikasi yang ditetapkan oleh konsumen. Perusahaan harus menentukan kriteria/spesifikasi produk terlebih dahulu, kemudian menetapkan metode pengukuran kualitas yang akan digunakan. Data yang telah diperoleh kemudian dianalisis sehingga dapat diketahui apakah pengukuran berada dalam spesifikasi yang ditetapkan. Hasil analisis yang telah diperoleh dapat digunakan untuk menentukan apakah proses ataupun produk memerlukan perbaikan atau tidak.

Menurut Gambhir dan Neha (2014), tujuan dari pengendalian kualitas adalah untuk memastikan bahwa proses ataupun produk tidak berada di bawah standar yang telah ditentukan dan untuk mengurangi variasi sehingga produk yang dihasilkan seragam sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan. Penelitian mengenai pengendalian kualitas pernah dilakukan oleh Sidartawan (2014). Hasil dari penelitian tersebut menjelaskan bahwa pengendalian kualitas statistik dengan *tool* peta kendali dapat memonitoring proses produksi *snack* pada salah satu industri rumah tangga di Kota Malang. Peta kendali menunjukkan bahwa proses produksi *snack* masih banyak yang berada di luar kendali. Indeks kapabilitas prosesnya juga masih sangat rendah, yaitu 0,263 yang menunjukkan bahwa proses produksi *snack* tidak layak.

### **2.3 Six Sigma**

*Six Sigma* merupakan suatu pendekatan yang ditemukan oleh Motorola pada tahun 1986, dimana metode ini fokus terhadap perbaikan yang berkaitan dengan proses dan kualitas dengan mengidentifikasi penyebab kesalahan dan mengurangi variabilitas. Metodologi ini telah dikenal sebagai alat yang *powerful* untuk perbaikan proses dengan aplikasi yang luas di banyak industri (Hadidi *et al.*, 2016). Penerapan *Six Sigma* digunakan untuk memperbaiki keseluruhan proses dan juga bertujuan untuk meningkatkan profitabilitas perusahaan dengan fokus pada kepuasan pelanggan. Hasil metode kuantitatif *Six Sigma* yang diterapkan secara paralel dengan kepuasan

pelanggan dan berdasarkan pendekatan proses telah menunjukkan hasil diantaranya tingkat kesalahan berkurang, waktu siklus lebih pendek, tingkat persediaan menurun, produktivitas meningkat, mengurangi biaya, memberikan profitabilitas dengan kepuasan pelanggan dan pangsa pasar yang meningkat (Ertürk *et al.*, 2016).

Metodologi *Six Sigma* merupakan kerangka terstruktur dan sistematis yang dikombinasikan dengan teknik statistik, sehingga menjadikannya alat yang baik untuk diagnostik proses yang merupakan tugas manajer (Gijo dan Ashok, 2013). Menurut Harsanto (2013), ukuran target kesempurnaan dalam *Six Sigma* dikenal sebagai *defect per million opportunities* yang selanjutnya disingkat menjadi DPMO, yang berarti kegagalan per satu juta kesempatan. Tingkat kesempurnaan pada level operasi *Six Sigma* mencapai 3,4 kegagalan per satu juta kesempatan atau 99,9997% sempurna. Konversi nilai *Six Sigma* dengan jumlah cacat produk per satu juta kesempatan dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu dengan standar statistika dan konsep Motorola. *Six Sigma* standar statistika menunjukkan variasi proses stabil mengikuti distribusi normal dan tidak memperbolehkan adanya pergeseran nilai rata-rata dari proses, sedangkan *Six Sigma* Motorola memperbolehkan adanya pergeseran nilai rata-rata sebesar 1,5 sigma. Komparasi *six sigma* standar statistika dan *Six Sigma* Motorola dapat dilihat pada **Tabel 2.2**.

**Tabel 2.2** Komparasi *Six Sigma* Standar Statistika dan *Six Sigma* Motorola

Level Sigma	<i>Six Sigma</i> Standar Statistika		<i>Six Sigma</i> Motorola	
	Persentase Memenuhi	DPMO	Persentase Memenuhi	DPMO
	Spesifikasi (%)		Spesifikasi (%)	
1	68,27	317.300	30,8538	691.462
2	95,45	45.500	69,1462	308.538
3	99,73	2.700	93,3193	66.807
4	99,9937	63	99,3790	6.210
5	99,999943	0,57	99,9767	233
6	99,999998	0,02	99,99966	3,4

Sumber: Harsanto (2013).

Penelitian yang dilakukan Ertürk *et al.* (2016) menjelaskan bahwa penerapan metode *Six Sigma* memiliki dampak positif bagi salah satu perusahaan interior (alat rumah tangga) di Turki. Penerapan metode *Six Sigma* mampu meningkatkan kinerja perusahaan tersebut. Peningkatan kinerja tersebut diantaranya adalah 80-100% dapat meningkatkan produktivitas dan profitabilitas; 60-79% meningkatkan daya saing dan kepuasan pelanggan; serta 60-79% meningkatkan pangsa pasar. Menurut Hadidi *et al.* (2016), terdapat banyak versi kerangka implementasi *Six Sigma*. Kerangka implementasi (tahapan) yang paling umum digunakan adalah *Define – Measure – Analyze – Improve – Control* (DMAIC). Tahapan dalam *Six Sigma* akan diuraikan sebagai berikut.

### 1. *Define*

Menurut Yanuar dan Triwilaswandio (2012), tahap *define* merupakan fase untuk menentukan permasalahan, menetapkan persyaratan-persyaratan pelanggan dan membentuk tim. Menurut Ertürk *et al.* (2016), tahap *define* digunakan untuk memastikan bahwa masalah dan tujuan didefinisikan dalam istilah yang benar-benar berhubungan dengan kebutuhan pelanggan utama. Alat dan metode yang dapat digunakan pada tahap ini diantaranya adalah *project charter*, *process flowchart*, diagram SIPOC, analisis *stakeholder* serta mendefinisikan CTQ.

### 2. *Measure*

Tahap *measure* bertujuan untuk mengevaluasi dan memahami keadaan proses saat ini. Tahap ini melibatkan pengumpulan data mengenai ukuran kualitas, biaya dan waktu siklus. Banyaknya data yang dikumpulkan harus memadai untuk memungkinkan analisis secara menyeluruh dan untuk memahami kinerja proses saat ini. Data yang dikumpulkan dapat berupa data histori perusahaan (sekunder) ataupun data primer. Data yang telah dikumpulkan digunakan sebagai dasar untuk menentukan kinerja proses saat ini (Montgomery, 2009). Alat dan metode yang dapat digunakan pada tahap ini diantaranya adalah rencana pengumpulan data/sampel, *benchmarking*, analisis system pengukuran/Gage R&R, dan perhitungan proses *Six Sigma* (Ertürk *et al.*, 2016).

### 3. *Analyze*

Tujuan dari tahap *analyze* adalah menggunakan data dari tahapan sebelumnya (*measure*) untuk menentukan hubungan sebab akibat dalam proses dan untuk memahami berbagai sumber variabilitas. Tahap ini memungkinkan peneliti untuk menentukan penyebab potensial dari kegagalan (*defect*), permasalahan kualitas, permasalahan pelanggan, waktu siklus, serta *waste* dan inefisiensi (Montgomery, 2009). Alat dan metode yang dapat digunakan pada tahap ini diantaranya yaitu histogram, diagram pareto, analisis regresi, analisis statistika, pengujian hipotesis dan analisis data non-normal (Ertürk *et al.*, 2016).

### 4. *Improve*

Menurut Evans dan William (2007), setelah akar permasalahan dapat dipahami, maka tim analis harus mengumpulkan ide untuk memecahkan masalah serta memperbaiki kinerja proses. Menurut Nailah *dkk.* (2014), tahap *improve* dilakukan untuk menemukan usulan perbaikan dan mengimplementasikannya terhadap analisis yang telah dilakukan. Menurut Ertürk *et al.* (2016), alat dan metode yang bias digunakan pada tahap *improve* adalah *brainstorming*, pemeriksaan kesalahan, desain eksperimen, *pugh matrix* serta FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*).

### 5. *Control*

Tahap *control* merupakan tahap terakhir dalam metode *Six Sigma*, dimana pada tahap ini hasil-hasil peningkatan kualitas didokumentasikan dan disebarluaskan, praktek-praktek terbaik yang telah terbukti berhasil meningkatkan kualitas dijadikan pedoman kerja standar (Windarti, 2014). Tahap pengendalian berfokus pada bagaimana menjaga perbaikan agar terus berlangsung. Bentuk pengendalian bisa sesederhana *checklist* atau pemeriksaan berkala untuk meyakinkan bahwa prosedur yang benar telah diikuti, atau penerapan diagram pengendalian proses statistik untuk memonitor kinerja proses (Evans dan William, 2007). Alat dan metode yang biasa digunakan pada tahap ini diantaranya perhitungan proses sigma, peta kendali, perhitungan penghematan biaya (*cost savings*), serta rencana pengendalian (Ertürk *et al.*, 2016).

## **2.4 Alat Statistik Pengukuran Six Sigma**

### **2.4.1 Statistical Process Control**

#### **1. Diagram Pareto**

Diagram Pareto merupakan diagram dari frekuensi faktor-faktor yang memberikan kontribusi terhadap masalah mutu, disusun mulai dari frekuensi terbesar hingga terkecil (Blocher *dkk.*, 2007). Diagram Pareto digunakan untuk menganalisis data diskrit atau atribut. Secara khusus tujuan diagram Pareto adalah untuk memprioritaskan permasalahan, itulah alasan mengapa bar disusun dalam urutan menurun (dari tinggi hingga rendah). Fokus diagram Pareto adalah untuk menentukan cacat mana yang memiliki dampak terbesar dalam proses yang diamati (Rodríguez, 2013). Diagram Pareto merupakan alat grafis yang membantu manajemen untuk mengidentifikasi area kritis yang menyebabkan sebagian besar masalah dengan cepat. Kategori masalah pada diagram Pareto diidentifikasi sebagai masalah utama dan masalah yang tidak penting. Prinsip Pareto adalah 80% masalah (ketidaksesuaian atau cacat) disebabkan oleh 20% penyebab. Prinsip ini sangat penting karena dapat mengidentifikasi kontribusi terbesar dari variasi proses yang menyebabkan performansi yang jelek seperti cacat (Arif, 2016).

Penerapan prinsip 80/20 dapat membantu mengidentifikasi sebagian besar masalah dan menyiratkan bahwa pengembalian investasi terbaik diperoleh dengan memperbaiki faktor-faktor tersebut. Peringkat klasifikasi data pada diagram Pareto dalam urutan menurun dari kiri ke kanan pada sumbu horizontal dan frekuensi ketidaksesuaian diplot pada sumbu vertikal. Permasalahan pada diagram Pareto dalam konteks pengendalian kualitas seringkali merupakan sumber cacat yang paling umum, jenis cacat tertinggi atau banyaknya keluhan pelanggan dan lain sebagainya (Basu, 2015). Salah satu penelitian yang menggunakan diagram Pareto dilakukan oleh Ramadhani *dkk.* (2014) untuk menemukan cacat tertinggi dalam proses produksi air minum kemasan 240 ml di PT TIW. Berdasarkan diagram Pareto didapatkan bahwa dari 11 jenis cacat pada proses produksi air minum, terdapat 2 jenis cacat yang memiliki kontribusi 80% kecacatan dari keseluruhan proses produksi. Kedua jenis cacat tersebut adalah *reject filler* isi

(55,49%) dan *lid* miring (28,13%). *Reject filler* isi terjadi apabila terdapat beberapa *cup* yang menyatu pada saat proses pengisian air. Sedangkan *lid* (tutup) miring terjadi jika tutup terpasang miring atau tidak sempurna. Penelitian ini hanya menganalisis kedua cacat tersebut karena termasuk dalam cacat dengan kontribusi 80%.

## 2. Peta Kendali

Peta kendali merupakan salah satu alat statistik yang penting dan digunakan untuk memonitor proses di dalam industri serta untuk mengendalikan kualitas produk yang dihasilkan (Prajapati dan Sukhraj, 2016). Batas kendali atas dan bawah pada peta kendali dalam *statistical process control* (SPC) mewakili batas kesempatan terjadinya variabilitas. Jika nilai dari sampel manapun berada di luar dari salah satu batas ini, maka prosesnya dikatakan berada di luar batas kendali. Bila prosesnya tidak terkendali, maka satu atau lebih penyebab dapat ditentukan, atau sebab khusus pasti terjadi, sehingga harus diambil tindakan untuk menemukan dan menghilangkannya (Taylan dan Ibrahim, 2012). Peta kendali dapat dibagi menjadi dua tipe umum, yaitu peta kendali atribut dan peta kendali variabel. Peta kendali variabel digunakan apabila karakteristik kualitas dapat diukur dan dinyatakan dalam bilangan, sedangkan peta kendali atribut digunakan untuk karakteristik kualitas yang tidak dapat dinyatakan dalam numerik (Aditya dan Jabbar, 2013).

Apabila karakteristik kualitas berupa variabel, biasanya perlu untuk memonitor nilai rata-rata karakteristik kualitas dan variabilitasnya. Pengendalian rata-rata proses dilakukan dengan peta kendali untuk rata-rata atau peta kendali  $\bar{x}$ , sedangkan variabilitas proses dapat dimonitor dengan baik menggunakan peta kendali standar deviasi atau peta kendali  $s$ . Umumnya peta kendali  $\bar{x}$ -bar dan  $s$  lebih baik daripada peta kendali variabel lainnya, ketika jumlah sampel  $n$  besar, misalkan  $n > 10$  atau 12. Jika karakteristik kualitas berupa atribut, biasanya dinyatakan menggunakan terminologi produk “sesuai atau tidak sesuai” dengan spesifikasi yang telah ditetapkan. Terdapat beberapa peta kendali yang digunakan untuk karakteristik kualitas berupa atribut, salah satunya adalah peta kendali  $p$  yang berkaitan dengan proporsi produk yang cacat (tidak sesuai) yang dihasilkan

oleh suatu proses. Proporsi produk yang tidak sesuai (*fraction nonconforming*) merupakan rasio jumlah item yang tidak sesuai dalam suatu populasi terhadap keseluruhan jumlah item dalam populasi tersebut. Peta kendali p didasarkan pada distribusi binomial. Misalkan suatu proses beroperasi secara stabil, probabilitas setiap unit yang tidak sesuai dengan spesifikasi adalah  $p$ , dan unit yang dihasilkan berturut-turut adalah independen (Montgomery, 2009). Salah satu penelitian yang menggunakan alat peta kendali dilakukan oleh Jonny dan Jessika (2012) untuk memperbaiki kualitas atap asbes di PT *Bakrie Building Industries* (BBI). Penelitian tersebut menggunakan peta kendali p untuk memonitor proses pembuatan atap asbes. Jenis cacat terbanyak pada produk asbes Mini Harflex 14 yaitu *side flat*. Banyaknya cacat *side flat* Mini Harflex selama bulan Oktober mencapai 1095. Terdapat 1 observasi yang berada di luar batas kendali dari 20 observasi yang telah dikumpulkan.

### 3. Diagram Sebab-Akibat

Diagram Ishikawa atau diagram tulang ikan atau diagram sebab akibat digunakan untuk mencari unsur penyebab yang diduga dapat menimbulkan masalah. Berkaitan dengan pengendalian proses statistikal, diagram sebab-akibat berfungsi menunjukkan faktor-faktor penyebab (sebab) dan karakteristik kualitas (akibat) yang disebabkan oleh faktor-faktor penyebab tersebut (Bakhtiar dkk., 2013). Diagram sebab akibat digunakan untuk memetakan sebab-sebab yang dapat mempengaruhi aktivitas, proses, permasalahan, atau hasil yang diinginkan (Blocher dkk., 2007). Menurut Astuti dan Irwan (2016), terdapat empat *tools* yang biasanya digunakan untuk mengidentifikasi masalah, salah satunya adalah diagram sebab akibat. Diagram sebab akibat merupakan alat analisis yang digunakan untuk mengkategorikan berbagai sebab potensial dari suatu masalah atau pokok persoalan dengan cara yang rapi, menganalisis apa yang sesungguhnya terjadi pada suatu proses, mengajarkan kepada tim dan individu tentang prosedur saat ini atau yang baru.

Diagram ini diberi nama diagram sebab-akibat untuk menekankan hubungan antara suatu akibat dengan sejumlah penyebab yang mungkin menghasilkan akibat tersebut. Diagram ini juga disebut sebagai diagram tulang ikan karena berasal dari

cara penataan berbagai sebab dan akibat pada diagram tersebut. Biasanya akibat adalah suatu masalah tertentu, atau mungkin suatu tujuan, dan ditunjukkan pada bagian kanan diagram. Penyebab-penyebab utamanya dicantumkan pada bagian kiri diagram. Pendekatan yang biasa digunakan pada diagram ini adalah menentukan empat bidang masalah, yaitu material, metode, peralatan dan pekerja (Lind dkk., 2008). Salah satu penelitian yang menggunakan diagram sebab akibat telah dilakukan oleh Hadidi *et al.* (2016) untuk menganalisis tentang cacat pada estetika aluminium. Penelitian ini berfokus pada kualitas fabrikasi aluminium (pembersihan, pemotongan dan pengecatan). Terdapat empat akar penyebab kecacatan pada almunium, yaitu mesin, *handling*, lingkungan dan proses. Penelitian lainnya dilakukan oleh Jirasukprasert *et al.* (2014) untuk mengidentifikasi penyebab permasalahan pada proses pembuatan sarung tangan karet. Berdasarkan analisis diagram Pareto, terdapat beberapa cacat pada sarung tangan yaitu bocor, kotor dan *miscellaneous* (seperti sarung tangan tidak berbentuk dan lengket). Analisis dengan diagram sebab akibat hanya pada cacat berupa bocor karena memiliki kontribusi paling besar terhadap permasalahan kualitas. Faktor permasalahan yang menyebabkan sarung tangan bocor adalah manusia, mesin, pengukuran, lingkungan, metode dan bahan baku.

#### **2.4.2 Fuzzy - Failure Mode and Effect Analysis**

*Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) merupakan teknik proaktif yang digunakan untuk mendeteksi dan mengurangi kesalahan. FMEA pertama kali dikenalkan di industri dirgantara pada tahun 1960-an (Chiozza dan Clemente, 2009). Menurut Puspitasari dan Arif (2014), FMEA merupakan teknik yang digunakan untuk mencari, mengidentifikasi dan menghilangkan kegagalan potensial, error dan masalah yang diketahui dari sistem, desain, proses atau jasa sebelum hal tersebut sampai ke konsumen. Menurut Wahyunugraha dkk. (2013), FMEA digunakan untuk menganalisis dan menemukan semua kegagalan yang terjadi pada suatu sistem serta efek dari kegagalan dan bagaimana cara untuk memperbaiki atau meminimalkan kegagalan atau efek-efeknya pada suatu sistem.



FMEA memiliki kelebihan yaitu dapat mengidentifikasi kemungkinan terjadinya kegagalan, sebelum kegagalan tersebut terjadi, dengan demikian penggunaan FMEA sangat menguntungkan karena biasanya mengatasi masalah dan kerusakan yang terjadi akan membutuhkan biaya lebih besar daripada mencegah masalah tersebut. Jumlah kerusakan akan maksimal jika penyebab kesalahan berawal dari tahap perancangan (Bahrami *et al.*, 2012).

FMEA mengidentifikasi risiko kegagalan dan pengaruhnya menggunakan tiga faktor yaitu tingkat keparahan (*Severity*), kejadian (*Occurrence*) dan deteksi (*Detection*). *Severity* (S) menunjukkan konsekuensi dari kegagalan jika hal tersebut terjadi; *Occurrence* (O) menunjukkan probabilitas atau frekuensi terjadinya kegagalan; dan *Detection* (D) adalah probabilitas kegagalan terdeteksi sebelum dampak dari efek tersebut terjadi. Ketiga faktor tersebut dinilai dalam skala yang berkisar antara 1 - 10, rendah sampai tinggi. Biasanya seorang pakar diminta untuk menetapkan skor tersebut. Tingkat risiko dari komponen, proses atau produk diperoleh dengan mengalikan nilai S, O, D yang disebut sebagai *Risk Priority Number* (RPN). RPN (berkisar antara 1–1000 untuk setiap mode kegagalan) digunakan untuk menentukan peringkat tindakan perbaikan untuk menghilangkan atau mengurangi mode kegagalan potensial. Mode kegagalan dengan RPN tertinggi harus diperhatikan terlebih dahulu (Wessiani dan Satria, 2015). Namun terdapat beberapa literatur yang menyatakan bahwa FMEA memiliki beberapa kekurangan, seperti sulitnya menentukan probabilitas kejadian kegagalan secara tepat. Selain itu informasi dari FMEA dinyatakan dengan variabel linguistik yang sulit untuk dievaluasi (Vinodh *et al.*, 2012).

Penelitian telah banyak dilakukan untuk mengatasi kekurangan FMEA dan mengembangkannya menjadi model yang lebih baik. Peningkatan model FMEA dilakukan dengan mengintegrasikannya dengan logika *Fuzzy*. Penggunaan logika *Fuzzy* terbukti menuntun karena dapat memperjelas informasi dari para pakar yang memiliki keahlian berbeda-beda. Selain itu *Fuzzy* FMEA dapat menggabungkan penilaian kualitatif para ahli mengenai hubungan antara mode dan efek kegagalan (Vinodh *et al.*, 2012). Logika *Fuzzy* digunakan untuk

memprioritaskan kegagalan dalam sistem FMEA dengan menggunakan istilah linguistik untuk mendeskripsikan S, O, D dan risiko kegagalan untuk mengatasi kekurangan dari FMEA tradisional (Roghani dan Fatemeh, 2015).

## 2.5 Kapabilitas proses

Kualitas suatu produk dapat diukur dari sejauh mana total kehilangan yang disebabkan oleh adanya efek fungsional dari variasi dan efek samping. Semakin tinggi kehilangan menunjukkan semakin rendahnya kualitas produk tersebut. Penerapan kapabilitas proses memberikan batas toleransi yang dapat menilai seberapa baik sebuah proses mampu menghasilkan sebuah produk. Pengetahuan tentang kapabilitas proses yang dimiliki, dapat membantu perusahaan dalam menentukan proses yang paling optimal untuk memenuhi kebutuhan pelanggan (Saha dan Himadri, 2016). Kapabilitas proses adalah kisaran dimana variasi alami suatu proses terjadi akibat penyebab umum suatu sistem, atau dengan kata lain, pencapaian suatu proses dalam kondisi stabil. Peningkatan kapabilitas proses sangat penting untuk mencapai tingkatan kerja *Six Sigma*. Memahami kapabilitas suatu proses memungkinkan perusahaan untuk memprediksi secara kuantitatif berapa baik suatu proses dapat memenuhi spesifikasi serta untuk menentukan kebutuhan suatu peralatan dan pengendalian yang dibutuhkan (Evans dan William, 2007).

Pengukuran kapabilitas proses bertujuan untuk mengukur kemampuan perusahaan dalam melakukan proses yang berkaitan dengan indikator kinerja (Hidayat dkk., 2014). Indeks kapabilitas proses memiliki batas spesifikasi, yang dinamakan sebagai toleransi. Batas spesifikasi dari kedua sisi ditentukan oleh *Upper Specification Limit* (USL) dan *Lower Specification Limit* (LSL), yang umumnya menunjukkan rentang karakteristik kualitas yang dapat diterima. Produk dianggap dapat diterima jika karakteristiknya berada dalam interval spesifikasi (LSL – USL) (Alvarez et al., 2015). Pengukuran kapabilitas proses pada data variabel dilakukan dalam tiga tahap, yaitu kapabilitas proses *short terms* ( $Z_{st}$ ), kapabilitas proses *long terms* ( $Z_{lt}$ ), dan  $Z_{shift}$  (Sukardi dkk., 2011). Sedangkan pengukuran kapabilitas proses pada

data atribut biasanya menggunakan *parts per million* (ppm) produk yang cacat (*defective*) sebagai ukuran kapabilitas proses. Beberapa organisasi mengkonversi ppm *defective* ke dalam level sigma yang setara. Kapabilitas proses data atribut juga dapat dihitung menggunakan *defects per unit* (DPU) (Montgomery, 2009).

Penelitian untuk pengukuran kapabilitas proses data variabel dilakukan oleh Januar *dkk.* (2014) untuk menganalisis kemampuan proses pengeringan teh hitam di PTPN XII Lawang. Pengukuran indeks kapabilitas proses pengeringan tersebut terdiri dari 3 tahap, yaitu kapabilitas *short term*, kapabilitas *long term* dan  $Z_{\text{shift}}$ . Hasil pengukuran kapabilitas *short term* diperoleh indeks  $C_p$  sebesar 0,47;  $C_{pk}$  0,28 dan  $Z_{st}$  adalah 0,84 yang berarti menunjukkan bahwa kapabilitas proses pengeringan ditinjau dari kadar air masih buruk. Hasil pengukuran kapabilitas *long term* diperoleh indeks  $P_p$  sebesar 0,46;  $C_{pk}$  0,27 dan  $Z_{lt}$  adalah 0,81 yang juga dapat dikatakan masih kurang dari standar. Selanjutnya pengukuran  $Z_{\text{shift}}$  yaitu 0,03 yang menunjukkan bahwa kemampuan pengendalian terhadap kapabilitas proses cukup efektif karena tidak melebihi 4,5 dan kurang dari 1,5. Kuadran proses pengeringan yang merupakan perbandingan antara nilai  $Z_{\text{shift}}$  dan  $Z_{st}$  berada di kuadran C. Kuadran kapabilitas proses pada penelitian tersebut menjelaskan bahwa teknologi yang digunakan masih buruk, namun kontrol yang dilakukan sudah baik. Sedangkan salah satu penelitian yang mengukur kapabilitas proses data atribut dilakukan oleh Wiranti *dkk.* (2014) untuk mengukur kemampuan proses produksi kertas di CV. XYZ. Kapabilitas proses produksi kertas pada penelitian tersebut telah *capable*. Nilai  $C_p$  proses produksinya yaitu pada produk kertas A<sub>4</sub> 70 gr (1,11); A<sub>4</sub> 80 gr (1,65); F<sub>4</sub> 70 gr (1,7) dan F<sub>4</sub> 80 gr (1,67).

#### 1) Kapabilitas proses *short term*

Kapabilitas proses *short term* ( $Z_{st}$ ) merupakan ukuran kapabilitas proses sigma jangka pendek yang menggambarkan kemampuan (kapabilitas) sesaat dari sebuah proses.  $Z_{st}$  menunjukkan seberapa tepat suatu proses pada suatu waktu tertentu.  $Z_{st}$  hanya berisi variasi penyebab umum (Carroll, 2013). Variasi penyebab umum merupakan sebab-sebab yang sudah

diperhitungkan sebelumnya. Proses yang stabil adalah proses dimana kualitas output hanya dipengaruhi oleh penyebab umum. Proses semacam ini juga dapat digambarkan berada dalam kendali statistik. Perbaikan yang dapat dilakukan pada proses yang stabil yaitu dengan memperbaiki desain proses (Kazmier, 2009).

Indeks kapabilitas jangka pendek dapat dilihat dari nilai  $C_p$  dan  $C_{pk}$  (Januar *dkk.*, 2015). Indeks kapabilitas proses  $C_p$  (kadang disebut sebagai indeks potensial proses), merupakan rasio lebar spesifikasi terhadap toleransi alami proses tersebut.  $C_p$  merupakan variasi natural suatu proses dengan suatu spesifikasi desain dalam suatu tolok ukur kuantitatif. Beberapa praktisi menyarankan bahwa nilai batas bawah yang aman adalah  $C_p$  sebesar 1,5. Nilai diatas 1,5 menjamin bahwa semua unit yang diproduksi oleh suatu proses yang terkendali akan berada dalam batas spesifikasi (Evans dan William, 2007).  $C_p$  mengukur *potential capability* yaitu apakah proses memenuhi batas-batas spesifikasi yang telah ditetapkan, sedangkan  $C_{pk}$  mengukur *actual capability* yaitu akurasi dan presisi dari proses terhadap batas spesifikasi yang telah ditetapkan (Hidayat *dkk.*, 2014). Beberapa interpretasi dari indeks  $C_{pk}$  adalah sebagai berikut (Muralidharan, 2015).

- $C_{pk} < 1$  : Menunjukkan situasi dimana proses *incapable* dan pasti akan ada output dari proses yang tidak sesuai.
- $C_{pk} = 1$  : Situasi dimana proses tidak mampu (tidak sesuai dengan proses  $3\sigma$ )
- $C_{pk} = 1,5$  : Cukup (*fair*), namun masih akan menghasilkan output yang tidak sesuai dan kemungkinan pendeteksiannya masih belum cukup baik.
- $C_{pk} = 1,67$ : Baik, output yang tidak sesuai akan terjadi, namun ada kemungkinan baik untuk pendeteksiannya.
- $C_{pk} = 2$  : Sangat baik, proses berjalan dengan baik, asalkan peta kendali digunakan dengan benar (sesuai dengan proses  $3\sigma$ ).

Penerapan *Six Sigma* bertujuan untuk meningkatkan kepuasan pelanggan melalui peningkatan kapabilitas proses. Hal tersebut dilakukan dengan pemenuhan CTQ dan penerapan tindakan korektif untuk mengurangi variabilitas proses.

Pengukuran pemenuhan CTQ dapat menggunakan parameter  $C_{pm}$ . Indeks  $C_{pm}$  menggambarkan kapabilitas proses menuju CTQ (Almansur *et al.*, 2017).  $C_{pm}$  dapat memperkirakan kapabilitas proses di sekitar target  $T$ , selalu besar dari nol dan mengasumsikan bahwa proses terdistribusi normal. Indeks  $C_{pm}$  juga dikenal sebagai indeks kapabilitas Taguchi.  $C_{pk}$  mengukur seberapa baik rata-rata proses dipusatkan di dalam batasan spesifikasi, dan berapa persen produk yang akan berada di dalam batasan spesifikasi. Sedangkan  $C_{pm}$  berfokus pada seberapa baik mean proses sesuai dengan target proses yang mungkin tidak berada di tengah batas spesifikasi (Wooluru *et al.*, 2014).

## 2) Kapabilitas proses *long term*

Kapabilitas proses *long term* ( $Z_{lt}$ ) merupakan ukuran kapabilitas proses sigma jangka panjang, yang menggambarkan reproduktifitas proses berkelanjutan. Tidak seperti  $Z_{st}$ , pada kapabilitas proses jangka panjang berisi variasi penyebab umum dan khusus (Carroll, 2013). Jika variasi penyebab umum merupakan sebab-sebab yang telah diperhitungkan sebelumnya, maka variasi penyebab khusus diakibatkan oleh faktor-faktor yang tidak biasa yang bukan merupakan bagian dari desain proses dan bukan merupakan bagian yang wajar dalam proses. Sebuah proses yang tidak stabil merupakan proses yang kualitas outputnya dipengaruhi oleh penyebab umum maupun khusus. Proses seperti ini dapat digambarkan berada di luar batas kendali. Perbaikan untuk proses yang tidak stabil dapat dicapai dengan mengidentifikasi dan mengoreksi penyebab khusus (Kazmier, 2009).

Indeks kapabilitas jangka panjang dapat dilihat dari nilai  $P_p$  dan  $P_{pk}$  (Januar *dkk.*, 2015).  $P_p$  didasarkan pada persamaan yang sama dengan  $C_p$ , dengan satu pengecualian yaitu  $P_p$  menggunakan standar deviasi jangka panjang sedangkan  $C_p$  menggunakan standar deviasi jangka pendek. Begitu juga dengan  $P_{pk}$  dan  $C_{pk}$  yang didasarkan pada persamaan yang sama, namun berbeda standar deviasinya (Muralidharan, 2015). Perbedaan lainnya yaitu  $C_p$  dan  $C_{pk}$  digunakan untuk proses yang stabil, sedangkan untuk proses yang tidak stabil *American National*

*Standards Institute* (ANSI) merekomendasikan untuk menggunakan  $P_p$  dan  $P_{pk}$  (Walker *et al.*, 2012).

### 3) $Z_{shift}$

$Z_{shift}$  merupakan selisih antara  $Z_{st}$  dan  $Z_{lt}$ . Semakin besar  $Z_{shift}$ , menunjukkan semakin besar pengendalian masalah (Carroll, 2013). Nilai  $Z_{shift}$  menunjukkan kemampuan proses yang dipengaruhi oleh teknologi. Nilai  $Z_{shift}$  yang sesuai dengan standar *Six Sigma* tidak melebihi 4.5 dan menunjukkan nilai  $<1.5$ , hal tersebut menggambarkan bahwa kemampuan pengendalian terhadap kapabilitas proses telah efektif (Sukardi, 2011).

## 2.6 Penelitian Terdahulu

Penelitian mengenai *Six Sigma* dilakukan Sukardi *dkk.* (2011) untuk menguji kualitas proses produksi keripik Apel. Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa proses *spinning* menghasilkan paling banyak produk cacat dalam proses produksi keripik apel UKM Bagus. Proses tersebut menghasilkan banyaknya produk keripik apel yang remuk sehingga menurunkan nilai jualnya. Penyebab kegagalan tersebut diantaranya adalah kurangnya ketelitian pekerja dan faktor perawatan mesin *spinner*. Usulan yang diberikan peneliti untuk mengatasinya adalah dengan meningkatkan *quality awareness* pekerja, penyusunan SOP proses *spinning* dan melakukan perawatan mesin *Spinner* secara berkala. Berdasarkan hasil pengukuran sigma, dapat ditunjukkan bahwa level sigma UKM tersebut yaitu 2,11 sigma yang berarti bahwa kualitas keripik apel yang dihasilkan cukup baik (berada pada rata-rata sigma industri di Indonesia).

Penelitian lain dilakukan oleh Januar *dkk.* (2014) untuk menganalisis pengendalian kualitas proses pengeringan teh hitam di PTPN XII (Persero) Wonosari, Lawang. Proses pengeringan merupakan salah satu *critical control point* (CCP) dalam proses produksi teh hitam, namun kadar air teh hitam yang dihasilkan masih banyak yang berada di luar standar yang ditetapkan. Penyebab terjadinya variasi kadar air tersebut diantaranya adalah perawatan mesin yang kurang teratur, suhu ruangan yang tidak sesuai dan pengondisian bahan bakar kayu yang kurang baik. Prioritas usulan perbaikan dilakukan pada

mode kegagalan yang memiliki RPN paling tinggi (252), yaitu pada perawatan mesin. Peneliti mengusulkan agar melakukan perawatan secara berkala pada mesin pengering. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa proses pengeringan serbuk teh hitam memiliki tingkat *Six Sigma* kapabilitas jangka pendek sebesar 2,28 dan jangka panjang sebesar 2,41.

Penelitian lain oleh Srinivasan *et al.* (2014) untuk meningkatkan efektivitas *shell* dan *tube heat exchanger*. Penelitian tersebut menggambarkan uji coba implementasi *Six Sigma* dengan tahap *Define – Measure – Analyze – Improve – Control* (DMAIC) untuk meningkatkan efektivitas kerangka (*shell*) dan tabung penukar panas pada perusahaan manufaktur tungku berukuran kecil. Tujuan penelitian ini adalah untuk meningkatkan kualitas tungku melalui tahap DMAIC karena kedua komponen tersebut merupakan komponen yang penting. Pada fase *define*, CTQ diidentifikasi sebagai efektivitas kerangka dan tabung penukar panas melalui suara konsumen (*voice of customer*) dan diagram pareto. Selanjutnya tahap *measure*, keefektifan komponen tersebut diukur dan menunjukkan nilai yang rendah (0,61). Pada tahap *analyze* dilakukan identifikasi penyebab rendahnya efektivitas kerangka dan tabung penukar panas menggunakan diagram sebab akibat, dan diperoleh penyebabnya adalah kurangnya area perpindahan panas. Pada tahap *improve*, dilakukan modifikasi desain yang ada melalui berbagai alternatif solusi dengan melakukan sesi *brainstorming*. Modifikasi desain meningkatkan efektivitas kerangka dan tabung penukar panas dari 0,61 menjadi 0,664. Pada tahap *control*, strategi pengendalian direkomendasikan untuk mempertahankan perbaikan kerangka dan tabung penukar panas.

Penelitian yang dilakukan oleh Ellianto *dkk.* (2015) mengenai peningkatan kualitas botol sabun cair menggunakan FMEA dan *Fuzzy*. Berdasarkan hasil perhitungan FMEA diketahui bahwa nilai RPN tertinggi, yaitu 48 ada pada dua penyebab *defect*. Dua *defect* dengan RPN 48 tersebut adalah adanya kotor hitam dan adanya kontaminasi/kerak yang terbakar. Adanya nilai RPN yang sama akan membuat kesulitan dalam menentukan prioritas perbaikan yang harus segera dilakukan, sehingga dilanjutkan dengan analisis menggunakan logika

*Fuzzy*. Berdasarkan perhitungan *Fuzzy*, nilai FRPN tertinggi yaitu 3,327831 terdapat pada *defect* kotor hitam. Adanya pendekatan menggunakan logika *Fuzzy*, maka nilai prioritas risiko yang sama dapat dihilangkan sehingga hanya terdapat satu nilai tertinggi sebagai acuan untuk tindakan perbaikan. Usulan perbaikan untuk prioritas tertinggi yaitu *setting* temperatur pada *heater band* harus konstan serta memastikan tidak ada bahan yang menempel di sepanjang aliran material yang dapat menyebabkan bitnik hitam. Perawatan mesin secara teratur serta pelatihan tenaga kerja juga dapat dilakukan untuk meminimalisir cacat berupa bintik hitam. Pelatihan yang dapat diberikan mengenai pemantapan mengenai proses kerja sesuai dengan SOP dan memberikan pengarahannya bagaimana mengatasi permasalahan mesin jika terjadi *defect* produk.





## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Tempat dan Waktu Kegiatan**

Penelitian dilaksanakan pada bulan Mei – November 2017 di PT Heinz ABC Indonesia yang berlokasi di jalan Bintoro no. 888, Desa Wonokoyo, Kecamatan Beji, Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur. Pengolahan dan analisis data dilakukan di Laboratorium Komputasi dan Analisis Sistem, Jurusan Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya Malang.

#### **3.2 Batasan Masalah**

Penentuan Batasan masalah diperlukan agar permasalahan yang diteliti dapat lebih fokus dan tidak melebar. Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini hanya difokuskan pada stasiun *filling (filling dan capping)* sirup ABC *Squash Delight Orange* 525 ml.
2. Penelitian dibatasi pada tahap *Define (D)*, *Measure (M)*, *Analyze (A)* serta *Improve (I)* yang hanya berupa usulan perbaikan.
3. Penelitian ini tidak membahas aspek biaya.

#### **3.3 Prosedur Penelitian**

Prosedur penelitian merupakan serangkaian tahapan yang disusun secara sistematis untuk mencapai tujuan penelitian. Tahapan penelitian dapat dilihat dalam diagram alir penelitian pada **Gambar 3.1**.

##### **1. Survei Pendahuluan**

Penelitian diawali dengan melakukan survei pendahuluan untuk mengetahui kondisi perusahaan saat ini. Kegiatan ini dilakukan untuk mengetahui permasalahan yang terjadi melalui wawancara dan diskusi dengan pihak terkait. Permasalahan tersebut digunakan sebagai topik masalah pada penelitian ini.

##### **2. Identifikasi dan Perumusan Masalah**

Identifikasi masalah merupakan tahapan yang dilakukan setelah survei pendahuluan, dimana pada survei pendahuluan telah diketahui permasalahan yang terjadi pada perusahaan.

Hasil dari survei pendahuluan yaitu adanya ketidaksesuaian karakteristik kualitas pada stasiun *filling*. Ketidaksesuaian tersebut berupa adanya variabilitas pada proses *filling* yang menyebabkan volume produk sirup ABC *Squash Delight Orange* 525 ml tidak seragam. Variabilitas tersebut dapat mengakibatkan kerugian pada perusahaan (jika volume produk *overflow*) atau perusahaan tidak dapat memenuhi regulasi BDKT (jika volume produk *underfill*). Permasalahan lainnya pada proses *capping*, yaitu *crown* botol tidak tertutup dengan tepat sehingga menyebabkan produk tumpah dan produk harus diproses ulang. Perumusan masalah merupakan acuan pada penelitian ini dan hasil dari penelitian harus dapat menjawab rumusan masalah tersebut.

### **3. Studi Literatur**

Tahap studi literatur bertujuan untuk mencari informasi dan teori yang terkait dengan permasalahan. Studi literatur dilakukan dengan mencari referensi dari buku, *e-book*, jurnal, *website* dan skripsi yang terkait dengan penelitian ini dan diterbitkan dalam 10 tahun terakhir. Literatur yang dipelajari diantaranya mengenai *squash*, pengendalian kualitas, alat pengendali kualitas, kapabilitas proses, *six sigma* serta *Fuzzy FMEA*.

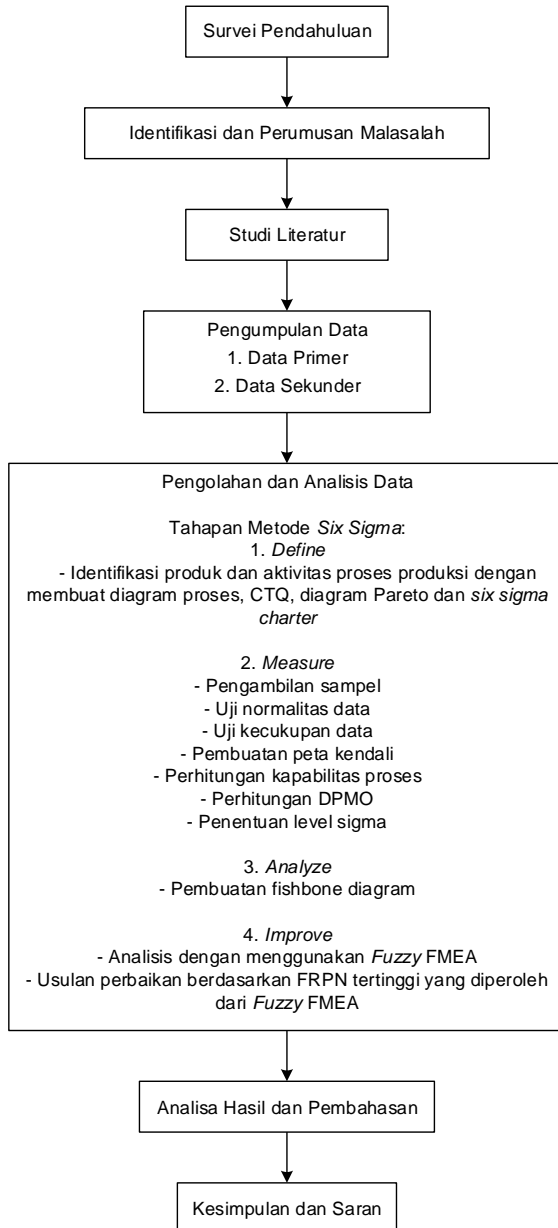
### **4. Pengumpulan Data**

#### **a. Tipe data**

Terdapat dua jenis tipe data pada penelitian ini, yaitu sebagai berikut.

##### **1) Data primer**

Data primer adalah data yang diperoleh secara langsung oleh peneliti melalui wawancara, diskusi, observasi, pengukuran maupun kuesioner. Data primer pada penelitian ini berupa data variabel dan data atribut. Data variabel berupa volume produk sirup ABC *Squash Delight Orange* 525 ml, sedangkan data atribut terdiri dari jumlah *crown* botol yang tidak tertutup sempurna, jawaban kuesioner *Fuzzy FMEA*, wawancara dan diskusi dengan pihak terkait mengenai permasalahan *overflow* dan *underfill* serta *capping* produk sirup ABC *Squash Delight Orange* 525 ml.



**Gambar 3.1** Diagram Alir Penelitian

2) Data sekunder

Data sekunder merupakan data yang diperoleh peneliti melalui sumber yang telah ada, seperti data ketidaksesuaian kualitas pada stasiun *filling* (*filling* dan *capping*), data proses produksi dan karakteristik kualitas yang diperoleh dari departemen *Quality Control*, dokumen perusahaan yang terkait dengan jumlah produksi sirup ABC *Squash Delight Orange* 525 ml, dokumen SOP serta data lainnya yang mendukung penelitian ini.

**b. Prosedur pengumpulan data**

Terdapat beberapa prosedur pengumpulan data yang digunakan pada penelitian ini, yaitu sebagai berikut.

- 1) Observasi dilakukan dengan mengamati aktivitas proses produksi sirup ABC *Squash Delight Orange* 525 ml secara langsung pada PT Heinz ABC Indonesia – Pasuruan.
- 2) Analisis dilakukan dengan cara melakukan pengukuran dan pengambilan data sirup ABC *Squash Delight Orange* 525 ml serta menganalisis data dan permasalahan yang terjadi pada stasiun *filling*.
- 3) Wawancara dan diskusi dilakukan dengan cara mengadakan tanya jawab dengan pihak-pihak terkait seperti manajer QC, *line leader*, *supervisor* departemen produksi dan QC serta operator *filling*.
- 4) Dokumentasi dilakukan dengan cara mempelajari dan mencatat informasi yang diperoleh dari perusahaan serta dokumen lainnya untuk menunjang penelitian.
- 5) Kuesioner dilakukan dengan cara memberikan lembar kuesioner yang berisi pertanyaan-pertanyaan terkait permasalahan kepada masing-masing pakar yang telah ditetapkan.

**5. Pengolahan dan Analisis Data**

Metode *six sigma* digunakan untuk memonitor proses pada stasiun *filling* produk sirup ABC *Squash Delight Orange*. Beberapa tahapan *six sigma* yang dilakukan pada penelitian ini meliputi pendefinisian (*Define*), pengukuran (*Measure*), analisis (*Analyze*) dan perbaikan (*Improve*). Berikut ini merupakan penjelasan mengenai tahapan *six sigma* yang akan dilakukan.

a. *Define*

Hal pertama yang dilakukan pada tahap ini adalah menggambarkan diagram proses produksi agar dapat lebih mudah memahami aktivitas proses produksi dan mengidentifikasi permasalahan. Selanjutnya menentukan apa saja yang menjadi *Critical to Quality* (CTQ) serta jenis ketidaksesuaian atau cacat yang ada pada stasiun *filling*. Selanjutnya menghitung frekuensi dari masing-masing CTQ dan hasilnya dituliskan ke dalam **Tabel 3.1**. Data yang digunakan pada CTQ merupakan data atribut (sesuai atau tidak dengan spesifikasi perusahaan).

Langkah berikutnya adalah pembuatan diagram Pareto berdasarkan hasil perhitungan dan analisis dari tabel jenis CTQ. Penyusunan diagram Pareto dimulai dari jenis cacat dengan frekuensi yang paling tinggi hingga paling rendah. Jenis cacat yang termasuk ke dalam 80% merupakan permasalahan yang akan dianalisis menggunakan metode *six sigma*. Selanjutnya, untuk memudahkan dalam pemfokusan masalah, maka dibuat *six sigma charter* seperti pada **Tabel 3.2** yang berisikan konteks permasalahan.

**Tabel 3.1** Analisis Pareto Jenis CTQ

CTQ	Frekuensi	Frekuensi Kumulatif	Presentase (%)	Presentase Kumulatif (%)
...	...	...	...	...
<b>Total</b>	...			<b>100%</b>

**Tabel 3.2** *Six Sigma Charter*

<b><i>Six Sigma Charter</i></b>
<b>Nama Proyek</b>
...
<b>Uraian</b>
...
<b>Data Yang Diukur</b>
...
<b>Kategori <i>Defect</i> (Cacat)</b>
...

Sumber: Yanuar dan Triwilaswandio (2012).

b. *Measure*

Permasalahan yang diukur pada tahap ini merupakan permasalahan yang berkontribusi besar untuk menimbulkan variasi pada stasiun *filling*. Permasalahan cacat atau ketidaksesuaian yang akan dilanjutkan pada tahap ini adalah permasalahan yang termasuk dalam 80% pada diagram Pareto. Langkah-langkah pada tahap *measure* adalah sebagai berikut.

1) Pengambilan sampel

Pengambilan sampel produk sirup ABC *Squash Delight Orange* 525 ml yang telah melalui proses *filling* dilakukan menggunakan teknik *simple random sampling*. Produk sirup ABC *Squash Delight Orange* 525 ml yang dihasilkan PT Heinz ABC Indonesia – Pasuruan mencapai  $\pm 227.520$  botol per hari, sehingga setiap *shift* mampu menghasilkan  $\pm 75.840$  botol per hari. Populasi dalam penelitian ini adalah 1 *shift* setiap harinya. Jumlah sampel menurut ANSI/ASQ Z1.9 2003 mengenai inspeksi normal level 2 untuk populasi 35.001 – 500.000 yaitu minimal 175 sampel yang dapat dilihat pada **Tabel 3.3.** (Christensen *et al.*, 2013). Pengambilan sampel untuk setiap *shift* dilakukan selama 3 hari, sehingga total waktu pengambilan sampel untuk 3 *shift* adalah 9 hari. Sampel diambil sebanyak 25 unit produk/jam/*shift*. Setiap *shift* terdiri dari 8 jam kerja, sehingga total sampel yang harus diambil yaitu 200 unit produk/*shift*. Total sampel selama 9 hari yaitu 1800 unit produk. Cara pengambilan sampel pada proses *filling* dilakukan dengan menimbang berat botol kosong, kemudian botol yang telah ditimbang diberi tanda dan diletakkan pada *conveyor*. Botol kosong dengan tanda tersebut ditimbang kembali setelah melalui proses *filling* sehingga diperoleh berat bruto yaitu botol + *squash*. Selanjutnya dilakukan perhitungan *netto* produk, kemudian *netto* produk dikalikan dengan densitas *squash* (1,139 gram/ml) sehingga didapatkan volume produk.

$$volume = \frac{massa}{densitas} \quad (1)$$

**Tabel 3.3** ANSI/ASQ Z1.9 2003, Inspeksi Normal Level 2

<b>Banyaknya Produk yang Dihasilkan (Unit)</b>	<b>Ukuran Sampel</b>
91 – 150	10
151 – 280	15
281 – 400	25
401 – 500	30
501 – 1200	40
1201 – 3200	60
3201 – 10.000	85
10.001 – 35.000	115
35.001 – 150.000	175
150.001 – 500.000	230
500.001 - over	230

Sumber: Christensen *et al.* (2013).

2) Uji normalitas data

Uji kenormalan data menggunakan metode Kolmogorov-Smirnov dengan bantuan *software* SPSS 17. Jika masing-masing data yang diuji mendekati garis normal, maka dapat dikatakan bahwa data tersebut berdistribusi normal. Apabila data tidak berdistribusi normal, maka dilakukan perbaikan dengan mengganti data ekstrim atau melakukan transformasi data kemudian dilakukan pengujian kembali sampai didapatkan data yang berdistribusi normal. Hipotesis dari uji normalitas data adalah sebagai berikut.

- $H_0$  = Data berasal dari populasi berdistribusi normal.
- $H_1$  = Data berasal dari populasi yang tidak berdistribusi normal.

Kriteria pengujian uji normalitas adalah sebagai berikut.

- Nilai signifikansi  $> 0,05$  maka  $H_0$  diterima, yang berarti data berdistribusi normal.
- Nilai signifikansi  $< 0,05$  maka  $H_0$  ditolak, yang artinya data tidak berdistribusi normal.

3) Uji kecukupan data

Uji kecukupan data dilakukan apabila terdapat data yang *out of control* dan data tersebut dibuang. Uji tersebut digunakan untuk mengetahui jumlah sampel yang diperoleh



telah layak untuk dilakukan analisis selanjutnya. Jika jumlah sampel yang telah diambil belum cukup, maka dilakukan penambahan sampel. Formulasi uji kecukupan data adalah sebagai berikut (Rinawati dkk, 2012).

$$N' = \left[ \frac{40 \sqrt{N \left( \sum_{i=1}^n x_i^2 \right) - \left( \sum_{i=1}^n x_i \right)^2}}{\sum_{i=1}^n x_i} \right]^2 \quad (2)$$

Keterangan:

N = jumlah pengamatan awal yang diambil

N' = jumlah pengamatan yang diambil sesuai dengan tingkat ketelitian 0,05.

$x_i$  = sampel pada pengamatan ke-i.

Kriteria uji kecukupan data adalah sebagai berikut.

- $N' \leq N$ , maka jumlah data sudah cukup.
- $N' > N$ , maka jumlah data belum cukup.

#### 4) Pembuatan peta kendali $\bar{x}$ - s

Peta kendali  $\bar{x}$  - s digunakan untuk memonitor proses dengan data variabel, yaitu proses *filling*. Langkah-langkah pembuatan peta kendali  $\bar{x}$  - s adalah (Montgomery, 2009) sebagai berikut.

- a) Menentukan ukuran subgrup ( $n > 10$ ).
- b) Menghitung rata-rata dari setiap subgrup, yaitu  $\bar{x}$ .

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} \quad (3)$$

- c) Menghitung nilai rata-rata dari seluruh  $\bar{x}$ , yaitu  $\bar{\bar{x}}$  yang merupakan *center line* dari peta kendali rata-rata.

$$\bar{\bar{x}} = \frac{\bar{x}_1 + \bar{x}_2 + \dots + \bar{x}_m}{m} \quad (4)$$

- d) Menghitung standar deviasi dari masing-masing subgrup, yaitu s.

$$s^2 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (5)$$

- e) Menghitung nilai rata-rata dari seluruh s, yaitu  $\bar{s}$  yang merupakan *center line* dari peta kendali standar deviasi.

$$\bar{s} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m s_i \quad (6)$$

- f) Menghitung batas kendali untuk peta x

$$UCL = \bar{\bar{x}} + A_3 \bar{s} \quad (7)$$

$$Center\ line = \bar{\bar{x}} \quad (8)$$

$$LCL = \bar{\bar{x}} - A_3 \bar{s} \quad (9)$$

- g) Menghitung batas kendali untuk peta s

$$UCL = B_4 \bar{s} \quad (10)$$

$$Center\ line = \bar{s} \quad (11)$$

$$LCL = B_3 \bar{s} \quad (12)$$

- h) Menggambarkan setiap titik  $\bar{x}$  dan  $s$  yang telah diperoleh, serta batas kendali dan garis pusat (*center line*). Apabila terdapat pengamatan yang berada di luar batas kendali, maka pengamatan tersebut harus dihapus, kemudian melakukan perhitungan ulang untuk pembuatan peta kendali revisi. Konstanta peta kendali  $\bar{x}$  dan  $s$  dapat dilihat pada **Lampiran 1**.

#### 5) Pembuatan peta kendali p

Peta kendali p digunakan untuk memonitor proses dengan data atribut, yaitu proses *capping*. Langkah-langkah pembuatan peta kendali p adalah (Montgomery, 2009) sebagai berikut.

- a) Mengelompokkan data yang telah diperoleh pada setiap observasi.

- b) Menghitung proporsi cacat, yaitu  $\hat{p}$ .

$$\hat{p}_i = \frac{D_i}{n} \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (13)$$

- c) Menghitung rata-rata proporsi produk yang tidak sesuai, yaitu  $\bar{p}$ .

$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^m \hat{p}_i}{m} \quad (14)$$

- d) Menghitung batas kendali peta p.

$$UCL = \bar{p} + 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \quad (15)$$

$$Center\ line = \bar{p} \quad (16)$$

$$LCL = \bar{p} - 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \quad (17)$$

- e) Menggambarkan setiap titik  $\hat{p}$  yang telah diperoleh, serta batas kendali dan garis pusat (*center line*). Apabila terdapat pengamatan yang berada di luar batas kendali, maka pengamatan tersebut harus dihapus, kemudian melakukan perhitungan ulang untuk pembuatan peta kendali revisi.
- 6) Perhitungan kapabilitas proses (data variabel)

Analisis kapabilitas proses untuk data variabel terdiri dari:

a. Kapabilitas proses *short term*

Nilai batas spesifikasi bawah (LSL) dan batas spesifikasi atas (USL) dan target pada kapabilitas *short term* telah ditetapkan oleh perusahaan. Formulasi indeks kapabilitas proses *short term* adalah sebagai berikut (Czarski, 2009).

- Standar deviasi jangka pendek

$$s_{short} = \sqrt{\bar{s}^2} \quad (18)$$

- Indeks  $C_p$

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6 \cdot s_{short}} \quad (19)$$

- Indeks  $C_{pk}$

$$C_{pk} = \min \left( \frac{\bar{\bar{x}} - LSL}{3 \cdot s_{short}}; \frac{USL - \bar{\bar{x}}}{3 \cdot s_{short}} \right) \quad (20)$$

- Nilai  $Z$  *short term* (Harry *et al.*, 2010)

$$Z_{st} = 3 \times C_{pk} \quad (21)$$

- Indeks  $C_{pm}$  (Almansur *et al.*, 2017)

$$C_{pm} = \frac{C_p}{\sqrt{1 + \frac{(\bar{\bar{x}} - T)^2}{s_{short}^2}}} \quad (22)$$

b. Kapabilitas proses *long term*

Nilai batas spesifikasi bawah (LSL) dan batas spesifikasi atas (USL) dan target pada kapabilitas *long term* telah ditetapkan oleh perusahaan. Formulasi indeks kapabilitas proses *short term* adalah sebagai berikut (Czarski, 2009).

- Standar deviasi jangka panjang

$$s_{long} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1} \quad (23)$$

- Indeks  $P_p$

$$P_p = \frac{USL - LSL}{6.s_{long}} \quad (24)$$

- Indeks  $P_{pk}$

$$P_{pk} = \min \left( \frac{\bar{x} - LSL}{3.s_{long}}; \frac{USL - \bar{x}}{3.s_{long}} \right) \quad (25)$$

- Nilai  $Z$  *long term* (Harry *et al.*, 2010)

$$Z_{lt} = 3 \times P_{pk} \quad (26)$$

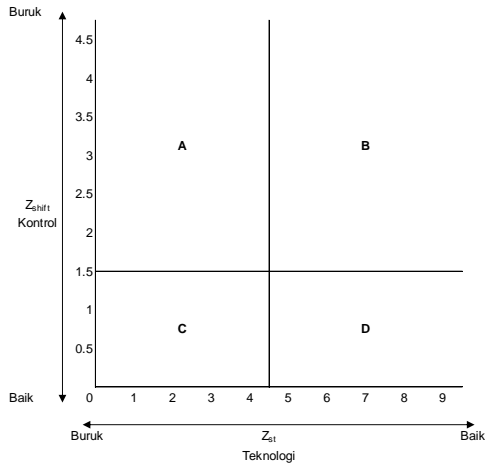
- Indeks  $P_{pm}$  (Almansur *et al.*, 2017)

$$P_{pm} = \frac{P_p}{\sqrt{1 + \frac{(\bar{x} - T)^2}{s_{long}^2}}} \quad (27)$$

c. Perhitungan  $Z_{shift}$

Nilai  $Z_{shift}$  yang sesuai dengan standar *six sigma* yaitu 1,5 >  $Z_{shift}$  > 4,5 yang berarti kemampuan pengendalian terhadap kapabilitas proses telah baik. Formulasi perhitungan  $Z_{shift}$  adalah sebagai berikut (Carroll, 2013). Sukardi *dkk.* (2011) dalam penelitiannya menjelaskan bahwa nilai  $Z_{shift}$  yang telah dihasilkan, di plot bersama dengan nilai  $Z_{st}$  ke dalam kuadran kapabilitas proses seperti pada **Gambar 3.2.**

$$Z_{shift} = Z_{st} - Z_{lt} \quad (28)$$



**Gambar 3.2** Kuadran Kapabilitas Proses

- 7) Perhitungan kapabilitas proses (data atribut)  
Langkah pertama dalam perhitungan kapabilitas proses pada data atribut menggunakan *defects per unit* (DPU). Formulasi perhitungan DPU adalah sebagai berikut (Montgomery, 2009).

$$DPU = \frac{\text{Jumlah keseluruhan cacat}}{\text{Jumlah keseluruhan produk yang diinspeksi}} \quad (29)$$

Hasil perhitungan DPU digunakan untuk menghitung *final yield*. Kapabilitas proses pada data atribut dihitung sebagai *final yield*, yang menunjukkan presentase probabilitas banyaknya yang sesuai spesifikasi yang dapat dihasilkan oleh suatu proses. Formulasi perhitungan *final yield* adalah sebagai berikut.

$$Final\ yield = 100\% - (DPU \times 100\%) \quad (30)$$

- 8) Perhitungan DPMO dan Penentuan Level Sigma  
 Penentuan *Defect Per Million Opportunity* (DPMO) tertera pada **Tabel 3.4**.

**Tabel 3.4** Penentuan DPMO dan level Sigma

No	Tindakan	Data Variabel	Data Atribut
1	Proses apa yang ingin Anda ketahui?	...	...
2	Berapa banyak unit yang diperiksa	...	...
3	Berapa banyak unit yang cacat	-	...
4	Tentukan nilai batas spesifikasi atas	USL	-
5	Tentukan nilai batas spesifikasi bawah	LSL	-
6	Tentukan nilai target	T	-
7	Berapa nilai rata-rata (mean) proses?	$\bar{x}$	$\bar{p}$
8	Berapa nilai standar deviasi proses?	s	-
9	Hitung kemungkinan cacat yang berada di atas nilai USL per satu juta kesempatan	$P \left\{ z \geq \frac{USL - \bar{x}}{s} \right\}$ x 1.000.000	-
10	Hitung kemungkinan cacat yang berada di bawah nilai LSL per satu juta kesempatan	$P \left\{ z \leq \frac{LSL - \bar{x}}{s} \right\}$ x 1.000.000	-
11	Hitung kemungkinan cacat per satu juta kesempatan (DPMO)	No. 9 + no. 10	$\left( \frac{\text{No. 3}}{\text{No. 2}} \right)$ x 1.000.000
12	Konversi DPMO ke dalam nilai sigma	...	...

Sumber: Rijanto (2015).

### c. *Analyze*

Dilakukan analisa terhadap faktor-faktor yang mungkin menyebabkan terjadinya ketidaksesuaian produk dengan spesifikasi yang telah ditetapkan pada stasiun *filling* sirup ABC

*Squash Delight Orange. Tool* yang digunakan pada tahap ini adalah diagram sebab akibat atau diagram tulang ikan. Jenis ketidaksesuaian atau cacat ditulis di bagian kepala, sedangkan tulang ikan diisi oleh penyebab permasalahan. Pendekatan yang digunakan untuk identifikasi masalah biasanya menggunakan beberapa akar permasalahan seperti mesin, bahan baku, metode, pengukuran, tenaga kerja dan lingkungan.

d. *Improve*

*Fuzzy FMEA* digunakan pada tahap *Improve* untuk menilai mode kegagalan potensial. Pembuatan kuesioner *Fuzzy FMEA* dilakukan setelah data yang diperoleh diukur dan dianalisis. Responden dari kuesioner *Fuzzy FMEA* adalah para pakar yang telah ditentukan, yaitu *Supervisor* Produksi dan dua orang *Line Leader* pada stasiun *filling* sirup ABC *Squash Delight Orange* 525 ml. Kuesioner *Fuzzy FMEA* dapat dilihat pada **Lampiran 2**.

Pakar yang telah dipilih akan menentukan skor faktor S, O, D pada FMEA. Penentuan skor S, O, D berdasarkan skala penilaian yang terdapat pada **Lampiran 3**, **Lampiran 4** dan **Lampiran 5**. Nilai faktor S, O, D selanjutnya akan dikaji secara linguistik dan numerik untuk mempertajam output dari kuesioner yang telah diberikan. Logika *Fuzzy* untuk mengevaluasi nilai faktor S, O, D terdapat pada **Lampiran 6**, **Lampiran 7** dan **Lampiran 8**. *Fuzzy weight* untuk kepentingan relatif faktor S, O, D secara linguistik dan numerik dapat dilihat pada **Tabel 3.5**. Masing-masing responden memiliki bobot kepentingan relatif yang dapat dilihat pada **Tabel 3.6**.

**Tabel 3.5** *Fuzzy Weight* untuk Kepentingan Relatif Faktor Risiko

<b>Istilah Linguistik</b>	<b><i>Fuzzy Number</i></b>
<i>Very Low</i> (VL)	(0; 0; 0,25)
<i>Low</i> (L)	(0; 0,25; 0,5)
<i>Medium</i> (M)	(0,25; 0,5; 0,75)
<i>High</i> (H)	(0,5; 0,75; 1)
<i>Very High</i> (VH)	(0,75; 1; 1)

Sumber: Wang *et al.*, 2009.

Penilaian faktor S, O, D dengan menggunakan logika *Fuzzy* dilakukan dengan tahapan sebagai berikut (Wang *et al.*, 2009).

- 1) Penyesuaian skor faktor S, O, D ke Bahasa linguistik (**Lampiran 6**, **Lampiran 7** dan **Lampiran 8**) dan *Fuzzy Number*.

**Tabel 3.6** Bobot Kepentingan Relatif Responden

Responden	Lambang	Bobot Kepentingan Relatif
Supervisor Produksi	R1	0,4
Line Leader Produksi	R2	0,3
Line Leader Produksi	R3	0,3

- 2) Perhitungan agregasi penilaian peringkat *Fuzzy* terhadap skor faktor S, O, D dengan persamaan berikut.

$$- \tilde{R}_i^S = \sum_{j=1}^m h_j \tilde{R}_{ij}^S = (\sum_{j=1}^m h_j R_{ijL}^S, \sum_{j=1}^m h_j R_{ijM}^S, \sum_{j=1}^m h_j R_{ijU}^S), \\ i = 1, \dots, n \quad (31)$$

$$- \tilde{R}_i^O = \sum_{j=1}^m h_j \tilde{R}_{ij}^O \\ - = (\sum_{j=1}^m h_j R_{ijL}^O, \sum_{j=1}^m h_j R_{ijM}^O, \sum_{j=1}^m h_j R_{ijU}^O), \\ i = 1, \dots, n \quad (32)$$

$$- \tilde{R}_i^D = \sum_{j=1}^m h_j \tilde{R}_{ij}^D = (\sum_{j=1}^m h_j R_{ijL}^D, \sum_{j=1}^m h_j R_{ijM}^D, \sum_{j=1}^m h_j R_{ijU}^D), \\ i = 1, \dots, n \quad (33)$$

Keterangan:

- $\tilde{R}_i^S; \tilde{R}_i^O; \tilde{R}_i^D$  = Nilai agregat faktor S, O, D.
- $h_j$  = Bobot kepentingan relatif dari m responden.

- 3) Perhitungan agregasi bobot kepentingan skor faktor S, O, D berdasarkan persamaan berikut.

$$- \tilde{w}^S = \sum_{j=1}^m h_j \tilde{w}_j^S = (\sum_{j=1}^m h_j w_{jL}^S, \sum_{j=1}^m h_j w_{jM}^S, \sum_{j=1}^m h_j w_{jU}^S) \quad (34)$$

$$- \tilde{w}^O = \sum_{j=1}^m h_j \tilde{w}_j^O = (\sum_{j=1}^m h_j w_{jL}^O, \sum_{j=1}^m h_j w_{jM}^O, \sum_{j=1}^m h_j w_{jU}^O) \quad (35)$$

$$- \tilde{w}^D = \sum_{j=1}^m h_j \tilde{w}_j^D = (\sum_{j=1}^m h_j w_{jL}^D, \sum_{j=1}^m h_j w_{jM}^D, \sum_{j=1}^m h_j w_{jU}^D) \quad (36)$$



Keterangan:

- $\tilde{w}^S; \tilde{w}^O; \tilde{w}^D$  = Nilai agregat bobot *Fuzzy* dari faktor *Severity, Occurrence, Detection*.

- 4) Penentuan nilai *Fuzzy Risk Priority Number* (FRPN) untuk setiap mode kegagalan berdasarkan persamaan berikut.

$$FRPN_i = (\tilde{R}_i^S)^{\frac{\tilde{w}^S}{\tilde{w}^S + \tilde{w}^O + \tilde{w}^D}} \times (\tilde{R}_i^O)^{\frac{\tilde{w}^O}{\tilde{w}^S + \tilde{w}^O + \tilde{w}^D}} \times (\tilde{R}_i^D)^{\frac{\tilde{w}^D}{\tilde{w}^S + \tilde{w}^O + \tilde{w}^D}} \quad (37)$$

- 5) Perangkingan berdasarkan nilai FRPN dari yang tertinggi hingga terendah.

## 6. Pembahasan

Pembahasan menjelaskan semua hal pada penelitian, mulai dari profil perusahaan, proses produksi, pengambilan dan pengolahan data. Selanjutnya hasil pengolahan data dianalisis menggunakan diagram sebab akibat. Usulan perbaikan juga diberikan berdasarkan nilai FRPN tertinggi dari hasil kuesioner FMEA.

## 7. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan merupakan bagian akhir dari laporan mengenai hasil utama penelitian serta menjawab permasalahan dan tujuan penelitian. Saran merupakan masukan yang ditujukan pada pihak perusahaan maupun peneliti selanjutnya.

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Gambaran Umum Perusahaan**

PT Heinz ABC Indonesia merupakan perusahaan yang bergerak di bidang industri makanan dan minuman. PT Heinz ABC Indonesia memiliki 3 *plant*, yaitu *plant* yang berada di Cengkareng – Jakarta, Karawang dan Pasuruan. *Plant* ABC yang berlokasi di Pasuruan memproduksi Kecap dan Sirup. Salah satu jenis sirup yang diproduksi PT Heinz ABC *plant* Pasuruan adalah Sirup ABC *Squash Delight* 525 ml.

PT Heinz ABC berawal dari CV ABC *Central Food* yang didirikan pada tahun 1975 oleh Bapak Chu Sok Sam. CV ABC *Central Food* didirikan pertama kali di Jl. Daan Mogot Km 12, Cengkareng – Jakarta Barat. Perusahaan tersebut sejak awal telah memproduksi kecap, seiring berkembangnya perusahaan terdapat inovasi untuk memproduksi sirup, *squash*, saus, teh dan jus. Tahun 1982 terjadi perubahan bentuk perusahaan dari CV ABC *Central Food* menjadi PT Aneka Bina *Central Food Industry* yang kemudian disingkat menjadi PT ABC *Central Food Industry*. Tahun 1999 Heinz Co. mengakuisisi PT ABC *Central Food Industry* dengan nilai saham 65% (Heinz Co.) dan 35% (PT ABC *Central Food Industry*). Adanya akuisisi tersebut menyebabkan pergantian nama perusahaan menjadi PT Heinz ABC Indonesia. Akuisisi ini diharapkan dapat memperkuat dan memperluas cakupan pasar produk ABC di Asia. Produk – produk yang dihasilkan PT Heinz ABC pun semakin beragam diantaranya yaitu saus tomat, saus sambal, kecap, sambal, terasi, sirup dan *squash*, teh dan jus, ikan kaleng serta makanan bayi.

#### **4.2 Proses Produksi**

Proses pembuatan Sirup ABC *Squash Delight Orange* berlangsung secara kontinu. Proses tersebut berkelanjutan antara tahap satu dengan tahap selanjutnya. Proses pembuatan *Squash* akan dijelaskan sebagai berikut.

a. Pemasakan gula

Pemasakan gula dengan cara mendidihkan air terlebih dahulu agar gula lebih cepat larut. Menurut Rienoviar dan

Husain (2010), kenaikan suhu dapat mempercepat laju reaksi, dimana jika suhu naik maka jumlah dan energi tumbukan antar molekul pereaksi akan semakin bertambah. PT Heinz ABC menggunakan gula rafinasi untuk bahan baku pembuatan sirup dan *squash*. Gula rafinasi merupakan gula yang telah melalui proses pemurnian dan umumnya digunakan untuk industri makanan dan minuman. Menurut Fajrin dkk. (2015), gula rafinasi merupakan gula yang digunakan untuk kebutuhan industri. Gula ini diolah dari bahan baku gula mentah yang melalui tahapan proses penyulingan, penyaringan dan pembersihan lebih ketat dibandingkan dengan gula kristal putih (GKP). Tingkat kemurnian gula rafinasi lebih tinggi, butiran kristal lebih halus, serta warnanya lebih putih. Tahap selanjutnya yaitu penambahan gula rafinasi ke dalam *dissolving tank*. Proses pemasakan gula berakhir jika suhunya telah mencapai 100°C. Setelah proses pemasakan gula selesai, dilakukan *holding time* selama 2 menit agar dapat meminimalisir uap panas yang dihasilkan.

- b. Penyaringan di dalam bak prefilter  
Penyaringan awal dilakukan di dalam bak prefilter menggunakan *mixer prefilter* dan saringan 100 mesh. Tujuan penyaringan awal ini adalah untuk memisahkan larutan gula dengan kotoran kasar yang mungkin terdapat pada larutan gula.
- c. Penyaringan menggunakan *Della Toffola*  
Penyaringan kedua dilakukan dengan mesin *Della Toffola*. Terdapat *hyflo* dan *standard* di dalam mesin ini, yang berfungsi sebagai media penyaring kotoran halus pada produk. Selanjutnya larutan dialirkan ke PCE melalui *balance tank*.
- d. Pendinginan di PCE  
Produk didinginkan pada mesin PCE (*Plate Cooler Exchanger*) dengan suhu awal berkisar antara 86-97°C hingga mencapai 26-30°C. Media pendingin pada mesin ini menggunakan air. Pendinginan dilakukan agar air gula tidak mengalami karamelisasi.

- e. *Penyaringan dengan Filter Bag*  
Penyaringan dengan *Filter Bag* bertujuan untuk menyaring kotoran yang masih tersisa. Selain itu penyaringan ini bertujuan untuk menyaring *hyflo* dan *standard* yang mungkin tercampur dalam produk. Ukuran *Filter Bag* yang digunakan adalah 1 micron.
- f. *Pencampuran bahan tambahan pada Mixer Tank*  
Pencampuran bahan tambahan dilakukan pada dua *Mixer Tank*. Pencampuran bahan tambahan yang pertama dilakukan dengan mengisi tangki dengan air panas suhu 78-80°C. Selanjutnya Natrium Siklamat dimasukkan ke dalam *Mixer Tank*. Natrium Siklamat berfungsi sebagai pemanis sirup. Setelah homogen, larutan tersebut ditransfer ke *Blending Tank* melalui *filter bag* 1 micron yang terdapat pada *Blending Tank*.  
Pencampuran bahan tambahan yang kedua yaitu mengisi *Mixer Tank* ke-2 dengan larutan gula. Selanjutnya ditambahkan asam sitrat dan trinatrium sitrat yang berfungsi sebagai pengatur keasaman. Asam sitrat dan trinatrium sitrat ini digunakan untuk tambahan pangan dengan rasa jeruk. Jika proses pencampuran telah selesai, larutan ditransfer ke dalam *Blending Tank*.
- g. *Pencampuran bahan tambahan pada Blending Tank*  
Natrium benzoate (bahan pengawet), sukralosa (pemanis buatan), pewarna dan konsentrat dilarutkan. Bahan-bahan tersebut dimasukan ke dalam *Blending Tank* melalui *filter bag* 150 micron. Selanjutnya larutan dari *mixer tank* 1 dan 2 juga dimasukkan ke dalam *blending tank*. Setelah semuanya homogen, ditambahkan *essense* jeruk. Langkah berikutnya yaitu sirup dipompa ke tangki stok menggunakan *lobe pump*. Sirup yang telah ditransfer ke tangki stok, selanjutnya akan dipompa ke *daily tank* dan siap untuk proses *filling*. Pemompaan ke *daily tank* dilakukan secara berurutan sesuai dengan nomor *batch*.
- h. *Filling dan pengemasan*  
Proses *filling* dilakukan jika larutan *Squash* telah diperiksa dan dinyatakan sesuai standar oleh pihak QC. *Squash* dialirkan dari *blending tank* ke *daily tank* yang berkapasitas

8.000 – 10.000 L. Selanjutnya *Squash* dialirkan ke proses *filling*. Pengisian *Squash* dilakukan menggunakan mesin *filling* pada *Line A* dan *B*. Selanjutnya pemasangan *crown* yang dilakukan secara otomatis. Produk yang telah tertutup, kemudian keluar dari stasiun *filling*. Proses selanjutnya yaitu pemasangan label ke badan botol, penutupan *cup* botol dan pengemasan botol ke dalam karton.

### **4.3 Analisis Data dengan Metode Six Sigma**

Metode *Six Sigma* digunakan untuk memonitor kualitas pada proses *filling* dan atau *capping*. Terdapat empat tahapan *Six Sigma* yang digunakan, yaitu *Define*, *Measure*, *Analyze* dan *Improve*. Tahapan-tahapan tersebut diharapkan dapat meminimalkan variasi pada stasiun *filling*. Menurut Evans dan William (2007), variasi di dalam proses merupakan suatu hal yang tidak dapat dihindari. Variasi proses dikatakan konstan apabila produk yang dihasilkan berada dalam batas kendali dan sebaliknya. Menurut Kazmier (2009), proses yang stabil adalah proses yang kualitas outputnya hanya dipengaruhi oleh variasi umum saja, sehingga proses tersebut berada di dalam kendali statistik. Proses yang tidak stabil merupakan proses yang kualitas outputnya dipengaruhi oleh variasi umum maupun khusus, sehingga proses tersebut *out of control*. Oleh karena itu, untuk mendeteksi adanya variasi dari penyebab khusus, diperlukan metode *Six Sigma* dengan tahapan sebagai berikut.

#### **4.3.1 Tahap Define**

Tahap *Define* dilakukan untuk mengidentifikasi permasalahan yang terjadi pada perusahaan. Menurut Ertürk *et al.* (2016), tahap *Define* diperlukan untuk memastikan bahwa permasalahan dan sasaran didefinisikan dalam istilah yang benar-benar berhubungan dengan kebutuhan pelanggan. Langkah-langkah yang dilakukan dalam pendefinisian masalah dan tujuan adalah sebagai berikut.

##### **a. Identifikasi aktivitas proses produksi**

Identifikasi aktivitas proses produksi dilakukan untuk memahami proses produksi Sirup ABC *Squash Delight Orange* 525 ml. Hal tersebut juga digunakan untuk mengetahui permasalahan yang terjadi. Identifikasi aktivitas

proses produksi menggunakan diagram alir yang terdapat pada **Lampiran 9**.

**b. Penentuan *Critical to Quality* (CTQ)**

Penentuan CTQ bertujuan untuk mengidentifikasi jenis cacat dan ketidaksesuaian pada stasiun *filling*. Penentuan CTQ dilakukan dengan *brainstorming* dan pengamatan output yang dihasilkan pada stasiun *filling*. Berdasarkan pengamatan yang telah dilakukan, didapatkan beberapa jenis cacat dan ketidaksesuaian yaitu sebagai berikut.

- ***Overfill***

*Overfill* merupakan istilah dimana volume output yang telah melalui proses *filling* melebihi batas kendali perusahaan (526,34 ml). Bahkan terdapat beberapa output yang volumenya melebihi batas spesifikasi perusahaan (529,41 ml). *Overfill* tersebut disebabkan oleh *setting* mesin dan *ring* pada *nozzle* yang kurang tepat, volume botol yang beragam serta kurangnya intensitas penyemprotan alkohol. Ketidaksesuaian ini menyebabkan kerugian pada perusahaan karena kehilangan kesempatan untuk memproduksi sirup lebih banyak.

- ***Underfill***

*Underfill* merupakan kebalikan dari *overfill*, yaitu output yang dihasilkan proses *filling* memiliki volume kurang dari batas kendali perusahaan (523,71 ml). Produk terkadang juga memiliki volume yang berada diluar batas spesifikasi perusahaan (520,63 ml). Penyebab *underfill* sama dengan penyebab *overfill*. Ketidaksesuaian ini menyebabkan konsumen dirugikan, walaupun mungkin konsumen tidak menyadarinya. *Underfill* ini juga menyebabkan perusahaan tidak dapat memenuhi regulasi mengenai BDKT. Tidak jarang juga terjadi *rework* pada proses *filling* dikarenakan *output* memiliki volume yang sangat kurang.

- ***Crown* botol tidak rapat**

*Crown* botol tidak rapat merupakan jenis cacat dimana tutup botol (*crown*) tidak tertutup sempurna. Cacat ini disebabkan oleh *gripper* pada mesin *capping* yang telah aus, posisi *star wheel* dan *gripper* yang tidak tepat, *setting* mesin yang tidak sesuai. Adanya *crown* botol yang tidak

rapat menyebabkan produk tumpah, sehingga harus dilakukan *rework* apabila terjadi cacat jenis ini.

### c. Analisis Diagram Pareto

Langkah selanjutnya yaitu menghitung frekuensi dari masing-masing CTQ yang ditunjukkan pada **Tabel 4.1**. Data frekuensi masing-masing CTQ digunakan untuk analisis Diagram Pareto yang dapat dilihat pada **Gambar 4.1**. Pembuatan Diagram Pareto menggunakan *software* Minitab 16. Menurut Rodríguez (2013), tujuan Diagram Pareto adalah untuk memprioritaskan permasalahan, itulah alasan mengapa bar disusun dalam urutan menurun (dari tinggi hingga rendah).

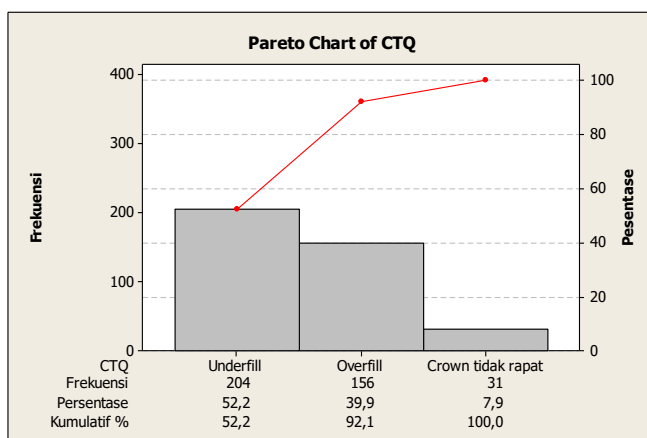
**Tabel 4.1** Analisis Pareto Jenis CTQ Proses *Filling*

CTQ	Frekuensi	Frekuensi Kumulatif	Presentase (%)	Presentase Kumulatif (%)
<i>Overfill</i>	156	156	39,90	39,90
<i>Underfill</i>	204	360	52,17	92,07
<i>Crown</i> tidak rapat	31	391	7,93	100
<b>Total</b>	<b>391</b>		<b>100%</b>	

Sumber: Data Primer Diolah (2017)

Terdapat 3 jenis cacat dan ketidaksesuaian spesifikasi yang dianalisis menggunakan Diagram Pareto. Analisis Diagram Pareto menunjukkan bahwa *underfill* memiliki peringkat ketidaksesuaian tertinggi dengan presentase sebesar 52,2%. Selanjutnya yaitu *overfill* dengan presentase 39,9% dan di posisi terakhir yaitu cacat berupa *crown* botol tidak rapat 7,9%. Menurut Basu (2015), prinsip Pareto yaitu 80% permasalahan disebabkan oleh 20% penyebab. Berdasarkan analisis Pareto yang telah dilakukan, permasalahan dengan presentase kumulatif sebesar 80% adalah *underfill* dan *overfill*. Kedua jenis ketidaksesuaian tersebut akan diprioritaskan untuk dianalisis lebih lanjut dengan menggunakan metode *Six Sigma*.

Langkah selanjutnya yaitu pembuatan *Six Sigma Charter* untuk mempermudah memfokuskan permasalahan yang diprioritaskan. *Six Sigma Charter* ini untuk mempermudah menjelaskan konteks permasalahan dan rencana proyek *Six Sigma*. *Six Sigma Charter* pada penelitian ini dapat dilihat pada **Tabel 4.2**. Pada tabel tersebut telah diuraikan permasalahan dan tujuan yang menjadi prioritas dalam analisis *Six Sigma*. Permasalahan tersebut adalah adanya variasi volume pada proses *filling* berupa *overfill* dan *underfill*. Volume produk dikatakan tidak sesuai jika berada diluar batas kendali perusahaan, yaitu (523,71 ml – 526,34 ml). Permasalahan tersebut mengakibatkan adanya kerugian yang dialami oleh perusahaan atau konsumen.



**Gambar 4.1** Diagram Pareto Penyimpangan Kualitas pada Stasiun *Filling*

#### 4.3.2 Tahap *Measure*

Berdasarkan analisis Diagram Pareto pada tahap *Define*, didapati bahwa permasalahan dengan presentase 80% adalah *underfill* dan *overfill*. Kedua jenis ketidaksesuaian tersebut dianalisis lebih lanjut pada tahap *Measure*. Menurut Yanuar dan Triwilaswandio (2012), tahap *Measure* merupakan fase pengumpulan dan pengukuran tingkat kinerja saat ini. Langkah-langkah yang dilakukan pada tahap *Measure* adalah sebagai berikut.



**Tabel 4.2** *Six Sigma Charter* Proses *Filling*

<b>Six Sigma Charter</b>
<b>Nama Proyek</b>
Pengurangan jumlah produk Sirup ABC <i>Squash Delight Orange</i> yang memiliki volume diluar batas kendali
<b>Uraian</b>
Masih terdapat volume produk yang berada diluar batas kendali dan batas spesifikasi (520,632 – 529,412 ml), yang dapat mengakibatkan kerugian finansial dan atau tidak terpenuhinya regulasi mengenai BDKT. Penelitian ini bertujuan untuk menemukan faktor-faktor penyebab ketidaksesuaian serta menentukan solusi untuk perbaikan, sehingga jumlah produk dengan volume diluar kendali dapat berkurang.
<b>Data Yang Diukur</b>
Massa produk Sirup ABC <i>Squash Delight Orange</i> yang kemudian dikonversikan ke volume produk.
<b>Kategori Defect (Cacat)</b>
Volume produk dikatakan tidak sesuai jika berada diluar batas kendali.

Sumber: Data Primer Diolah (2017)

**a. Uji Normalitas Data**

Data volume Sirup ABC *Squash Delight Orange* didapatkan melalui pengukuran secara langsung oleh peneliti. Pengukuran dilakukan pada Bulan November 2017 selama 9 hari. Data volume dapat dilihat pada **Lampiran 10**. Selanjutnya data tersebut diuji kenormalannya dengan menggunakan *Software* SPSS 17 yang dapat dilihat pada **Lampiran 11**. Hasil uji kenormalan dengan metode Kolmogorov Smirnov menunjukkan bahwa data berdistribusi normal karena semua nilai *Asymptotic Significance* > 0,05. Menurut Santoso (2010), uji normalitas bertujuan untuk mengetahui apakah distribusi suatu data mengikuti atau mendekati distribusi normal (distribusi lonceng). Data yang baik adalah data yang memiliki pola seperti distribusi normal, yakni data tidak menceng ke kanan atau ke kiri. Menurut Setijono (2010), salah satu asumsi mendasar dalam

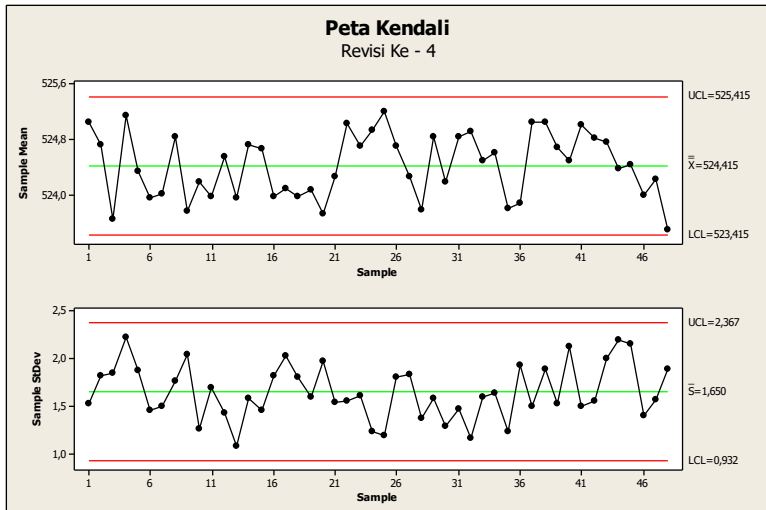
penerapan metode *Six Sigma* adalah data harus terdistribusi normal.

**b. Pembuatan Peta Kendali  $\bar{x} - s$**

Langkah selanjutnya yaitu pembuatan peta kendali  $\bar{x} - s$ . Pembuatan peta kendali ini menggunakan *software* Minitab 16 yang dapat dilihat pada **Lampiran 12**. Melalui peta kendali dapat dilihat bahwa terdapat 18 subgrup yang berada diluar batas kendali statistik peta  $\bar{x}$ , sehingga dilakukan revisi terhadap peta kendali. Revisi peta kendali dilakukan dengan menghapus subgrup yang berada diluar batas kendali dan melakukan uji normalitas lagi. Data volume revisi dapat dilihat pada **Lampiran 13**. Pada peta kendali revisi ke-1 masih terdapat 2 subgrup yang berada diluar batas kendali peta  $\bar{x}$ . Selanjutnya dilakukan revisi lagi, pada peta kendali revisi ke-2 masih terdapat 1 subgrup yang berada diluar batas kendali peta  $\bar{x}$ . Data kemudian direvisi lagi dan dihasilkan peta kendali  $\bar{x}$  revisi ke-3. Revisi ke-3 ini sudah tidak terdapat subgrup yang berada diluar batas kendali peta  $\bar{x}$ , namun pada peta *s* masih terdapat 3 subgrup yang *out of control*. Revisi dilakukan kembali dan dihasilkan peta kendali revisi ke-4. Tidak ada subgrup yang *out of control* pada peta kendali revisi ke-4 ini.

Peta kendali revisi ke-4 memuat 48 subgrup dari 72 subgrup pada penelitian awal yang dapat dilihat pada **Gambar 4.2**. Pada peta kendali  $\bar{x}$  dihasilkan batas atas sebesar 525,415 ml dan batas bawah 523,415 ml. Batas kendali atas pada peta ini lebih sempit daripada batas kendali atas yang diterapkan perusahaan (526,34 ml), serta batas kendali bawahnya lebih longgar daripada batas kendali bawah perusahaan (523,71 ml). Selanjutnya batas kendali atas pada peta *s* yaitu 2,367 dan batas kendali bawahnya sebesar 0,932. Dilakukan uji kecukupan untuk data yang digunakan pada revisi ke – 4, uji ini dilakukan untuk memeriksa apakah data yang digunakan sudah cukup setelah data mengalami revisi. Berdasarkan hasil uji kecukupan data, data yang digunakan pada revisi ke – 4 telah cukup, sehingga dapat digunakan untuk analisis. Hasil

uji kecukupan data dapat dilihat pada **Lampiran 15**. Menurut Montgomery (2009), ketika terdapat titik-titik yang *out of control* pada peta kendali, maka titik-titik tersebut harus dieliminasi dan dihitung kembali untuk menentukan nilai batas kendali dan *center line* yang baru. Adanya revisi peta menyebabkan batas kendali lebih ketat.



**Gambar 4.2** Peta Kendali Proses *Filling*

Produk dikatakan memiliki volume yang berlebih (*overflow*) jika berada diatas batas kendali yang ditetapkan perusahaan, yaitu 526,34. Selanjutnya produk dikatakan memiliki volume yang kurang (*underfill*) apabila berada dibawah batas kendali perusahaan, yaitu 523,71 ml. Namun batas kendali yang didapatkan dari peta kendali memiliki *range* yang sangat sempit, yaitu 523,415 ml – 525,415 ml. Batas kendali yang sempit disebabkan karena rata-rata proses *filling* menghasilkan volume sebesar 524,42 ml. Apabila perusahaan menerapkan batas kendali pada peta tersebut, maka akan lebih banyak produk yang dikategorikan sebagai *overflow* dan *underfill*. Sebenarnya perusahaan memiliki batas spesifikasi volume yang memiliki *range* sangat luas, yaitu 520,63 ml – 529,41 ml. Batas spesifikasi

ini tidak diterapkan di lapangan untuk memperketat pengawasan terhadap volume produk. Produk *overflow* dan *underfill* dapat dilihat pada **Lampiran 14**.

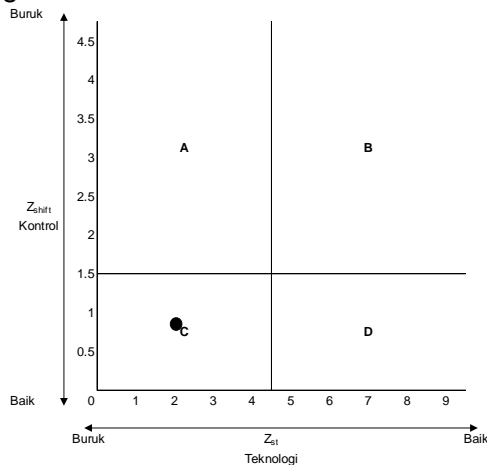
**c. Perhitungan Kapabilitas Proses**

Perhitungan kapabilitas proses dilakukan berdasarkan peta kendali yang telah direvisi, dengan kata lain perhitungan kapabilitas proses dilakukan ketika semua titik berada di dalam batas kendali statistik. Menurut Koppel dan Shing (2016), analisis kapabilitas proses merupakan bagian penting dalam peningkatan kualitas. Tujuan utama analisis kapabilitas proses yaitu untuk mengukur variabilitas output dari sebuah proses dan membandingkan variabilitas tersebut dengan toleransi produk. Analisis kapabilitas proses pada penelitian ini mencakup dua bagian utama, yaitu kapabilitas proses jangka panjang dan pendek yang dapat dilihat pada **Lampiran 16**.

Indeks  $C_p$  dan  $P_p$  merupakan *potential capability*. Nilai  $C_p$  proses *filling* sebesar 0,89 dan  $P_p$  0,53. Angka tersebut menunjukkan bahwa proses memiliki potensi tidak memenuhi batas spesifikasi yang telah ditetapkan baik dalam jangka pendek maupun jangka panjang. Menurut Sower (2011), indeks  $C_p$  atau  $P_p < 1$  menunjukkan bahwa output sebuah proses diperkirakan akan gagal memenuhi spesifikasi. Selanjutnya indeks  $C_{pk}$  dan  $P_{pk}$  merupakan *actual capability*. Indeks  $C_{pk}$  proses tersebut sebesar 0,77 dan  $P_{pk}$  0,45 yang berarti bahwa proses *filling* sirup saat ini masih menghasilkan output yang tidak sesuai. Indeks  $C_{pm}$  proses *filling* sebesar 0,84 dan  $P_{pm}$  0,52 yang menunjukkan bahwa nilai rata-rata proses tidak sama dengan nilai target yang telah ditentukan perusahaan. Menurut Hendee (2011), indeks  $C_{pm}$  dan  $P_{pm}$  (indeks Taguchi) membandingkan proses dengan target, indeks tersebut membandingkan *mean* dan sebaran proses. Nilai  $C_{pm} = C_p$  dan  $P_{pm} = P_p$  apabila rata-rata proses tepat sama dengan target  $T$ . Secara keseluruhan kapabilitas proses tersebut menunjukkan bahwa masih terdapat produk yang berada di luar spesifikasi, namun kapabilitas proses tersebut masih dapat ditingkatkan dengan adanya perbaikan terus menerus (*continuous improvement*).

Perbaikan terus menerus ini dapat meningkatkan kapabilitas dan efisiensi mesin *filling* agar sesuai dengan spesifikasi perusahaan.

Nilai  $Z_{\text{shift}}$  proses *filling* adalah 0,94. Menurut Sukardi dkk. (2011), nilai  $Z_{\text{shift}}$  menunjukkan kemampuan proses yang dipengaruhi oleh teknologi. Nilai  $Z_{\text{shift}}$  tersebut di plot ke dalam kuadran kapabilitas proses yang dapat dilihat pada **Gambar 4.3**. Kuadran tersebut menjelaskan bahwa teknologi yang digunakan pada proses *filling* masih belum baik, namun kontrol yang dilakukan sudah baik.



**Gambar 4.3** Kuadran Kapabilitas Proses *Filling*

#### d. Perhitungan DPMO dan Penentuan Level Sigma

Perhitungan nilai DPMO (*Defect per Million Opportunity*) digunakan untuk mengetahui seberapa banyak penyimpangan volume sirup ABC *Squash Delight Orange*. Nilai DPMO ini kemudian dikonversikan ke dalam level sigma sesuai dengan konsep Motorola yang terdapat pada **Lampiran 17**. Perhitungan nilai DPMO dan level sigma dilakukan pada jangka pendek dan panjang yang dapat dilihat pada **Lampiran 18** dan **Tabel 4.3**.

Nilai DPMO jangka pendek yaitu 11.900 unit produk dan jangka panjang sebesar 122.800 unit produk. Hasil tersebut menunjukkan bahwa dari satu juta kesempatan, terdapat

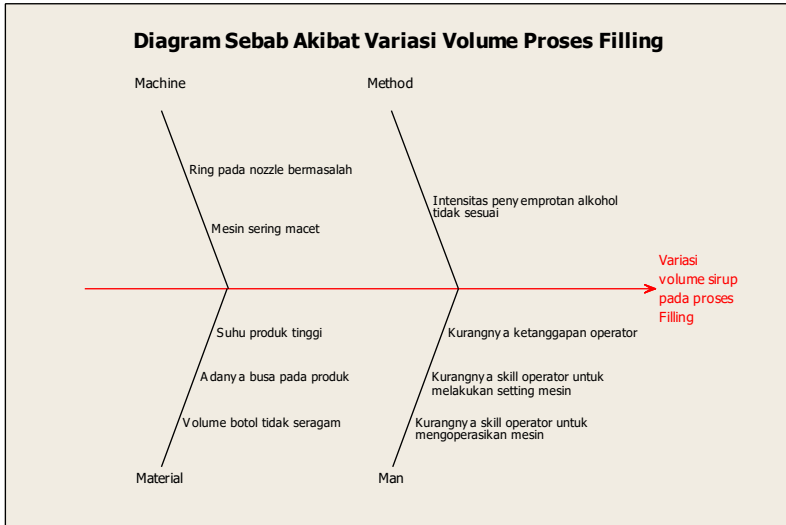
11.900 produk yang volumenya tidak sesuai spesifikasi untuk jangka pendek dan 122.800 produk untuk jangka panjang. Nilai DPMO tersebut dikonversi ke dalam level sigma Motorola dengan adanya pergeseran nilai rata-rata sebesar 1,5 sigma. Level sigma jangka pendek pada proses *filling* sebesar 3,7604 dan jangka panjang sebesar 2,6612 sigma. Level sigma tersebut sesuai dengan rata-rata level sigma industri di Indonesia. Menurut Gasperzs (2007), industri di Indonesia memiliki rata-rata level sigma sebesar 2,00 – 3,00 sigma; industri di Amerika sebesar 4,00 sigma dan industri kelas dunia sebesar 6,00 sigma.

Penelitian yang dilakukan oleh Syaviudin (2011), menunjukkan bahwa level sigma pada proses *filling* minuman *Sprite* adalah 4,77 untuk level sigma jangka pendek dan 3,59 untuk level sigma jangka panjang. Sedangkan untuk level sigma pada *filling Squash* ini dapat ditingkatkan lagi agar mencapai kapabilitas proses yang lebih tinggi. Level sigma yang masih relatif rendah dibandingkan level sigma proses *filling Sprite* dapat disebabkan oleh perbedaan suhu produk. *Sprite* merupakan minuman berkarbonasi, sehingga proses pengisiannya menggunakan suhu rendah untuk menghindari CO<sub>2</sub> lepas. Proses pengisian *Squash* menggunakan suhu relatif tinggi untuk menghindari kontaminasi, sehingga volume produk memuai saat pengisian dan kemudian menyusut kembali ketika suhu turun. Peningkatan level sigma dapat dilakukan dengan mengurangi variasi khusus yang menyebabkan produk berada di luar kendali. Faktor-faktor penyebab variasi akan dijelaskan pada tahap *Analyze*.

#### 4.3.3 Tahap *Analyze*

Tahap *Six Sigma* selanjutnya yaitu *Analyze*, dimana pada tahap ini dilakukan analisa terhadap faktor-faktor penyebab variasi volume. *Tool* yang digunakan berupa diagram sebab akibat. Analisa faktor-faktor tersebut berdasarkan hasil *brainstorming* dengan pihak-pihak terkait, seperti Manager QC, *Supervisor QC* serta *Supervisor*, *Line Leader* dan operator Produksi. Menurut Evans dan William (2007), diagram sebab

akibat merupakan alat yang berguna untuk mengidentifikasi dan mengorganisir penyebab yang mungkin dapat menyebabkan permasalahan. Pendekatan yang digunakan untuk analisis faktor-faktor ini menggunakan empat penyebab akar permasalahan yaitu *man*, *material*, *machine* dan *method* seperti pada **Gambar 4.4**.



**Gambar 4.4** Diagram Sebab Akibat Variasi Volume Proses *Filling*

#### a. **Method**

Penyemprotan alkohol diperlukan agar *peer* pada *nozzle* tidak lengket disebabkan terkena bekas sirup. *Squash* merupakan minuman dengan kandungan gula yang tinggi, sehingga gula tersebut menyebabkan *peer* lengket dan tidak dapat meregang ke keadaan semula. Apabila *peer* lengket, *valve* pada mesin *filling* selalu terbuka yang mengakibatkan sirup terus keluar walaupun pengisian sudah melebihi *filling point*. Operator harus memperhatikan intensitas penyemprotan alkohol agar hal tersebut tidak terjadi. Selama ini intensitas penyemprotan alkohol pada *peer* sangat tergantung pada ketanggapan operator. Operator yang kurang tanggap biasanya menyemprotkan alkohol ketika *peer* sudah lengket.

**Tabel 4.3** Penentuan DPMO dan Nilai Kapabilitas Sigma Jangka Pendek dan Jangka Panjang

No	Tindakan	Persamaan	Hasil Perhitungan	
			Jangka Pendek	Jangka Panjang
1	Proses yang diperiksa	Proses <i>Filling</i> Squash Orange	-	-
2	Jumlah unit yang diperiksa	-	1200	1200
3	Batas spesifikasi atas	USL	529,41	529,41
4	Batas spesifikasi bawah	LSL	520,63	520,63
5	Target	T	525	525
6	Rata-rata (mean) proses	$\bar{x}$	524,42	524,42
7	Standar deviasi proses	s	1,64	2,78
8	Kemungkinan cacat yang berada di atas nilai USL per satu juta kesempatan	$DPMO \geq USL$	1.200	35.900
9	Kemungkinan cacat yang berada di bawah nilai LSL per satu juta kesempatan	$DPMO \leq LSL$	10.700	86.900
10	DPMO	Total DPMO	11.900	122.800
11	Konversi DPMO ke dalam nilai sigma	-	3,7604	2,6612

Sumber: Data Primer Diolah (2017)



**b. Man**

Faktor utama terjadinya variasi volume yaitu dari operator sendiri. Seringnya operator yang kurang tanggap apabila terjadi *overflow* dan *underfill*. Hal tersebut terjadi karena operator lalai dan kurangnya pengawasan terhadap jalannya mesin *filling*. Menurut Meika dkk. (2017), pengawasan merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi disiplin kerja karyawan. Adanya pengawasan, pimpinan dapat mengetahui tugas yang dilakukan oleh karyawan serta permasalahan yang dihadapi. Ketanggapan operator juga dapat dipengaruhi oleh faktor kelelahan. Ruang *filling* yang panas dan berisik menyebabkan pekerja lebih mudah lelah dan dapat memperburuk kinerjanya. Menurut Atiqoh dkk. (2014), kelelahan kerja menyebabkan penurunan produktivitas dan efisiensi dalam melakukan pekerjaan. *Skill* operator yang kurang memadai dalam mengoperasikan dan melakukan *setting* mesin juga berkontribusi menimbulkan variasi volume.

**c. Machine**

Mesin *filling* merupakan salah satu mesin yang cukup sering terjadi *breakdown* dan macet. Mesin yang berhenti secara mendadak menyebabkan ada beberapa produk yang *underfill* sehingga prosesnya harus diulang. Hal ini disebabkan karena kurangnya perawatan dan *setting* mesin. Ketika musim produksi sirup, perawatan mesin *filling* dilakukan ketika mesin sedang berjalan dikarenakan mesin berjalan secara kontinu. Menurut Herjanto (2007), perawatan perlu dilakukan secara periodik untuk mencegah terjadinya kerusakan fatal yang mendadak, sehingga menghambat proses produksi. Perawatan mesin juga dapat mempengaruhi mutu produk yang dihasilkan. Adanya volume yang bervariasi juga dipengaruhi oleh *ring* pada *nozzle* yang bermasalah. Mesin *filling* merupakan mesin pengisi sirup berdasarkan ketinggian atau *filling point*. *Ring* digunakan sebagai pengatur ketinggian yang dipasang pada *nozzle* mesin *filling*. Pemasangan *ring* dilakukan oleh bagian *Engineering*, sehingga terkadang ketinggian *ring* kurang

tepat. Selain itu terdapat *ring* yang sudah melar sehingga juga dapat berpengaruh terhadap variasi volume.

**d. Material**

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa mesin *filling* bekerja sesuai dengan *filling point* atau ketinggian botol. Ketinggian dan volume botol yang tidak sama dapat menyebabkan adanya variasi volume. Penyebab lain dari variasi volume yaitu adanya busa pada produk. Busa tersebut dapat mempengaruhi *filling point* pada saat pengisian sirup. Busa pada sirup dihasilkan karena adanya tekanan hidrolik saat produk ditransfer dari *daily tank* menuju mesin *filling*. Busa ini menyebabkan volume produk seakan-akan telah mencapai *filling point*, sedangkan pada kenyataannya volume tersebut belum terpenuhi. Selain itu penyebab volume yang beragam adalah suhu produk yang tinggi  $\pm 50^{\circ}\text{C}$ . Volume produk yang tinggi menyebabkan produk memuai, namun ketika produk sudah dingin volume akan menyusut kembali. Volume yang kurang atau lebih tersebut baru bisa diketahui ketika dilakukan *check weigher*. Menurut Hurst (2007), kualitas produk akhir tergantung pada kualitas bahan baku dan kualitas pemrosesan, bahan baku yang tidak seragam akan menghasilkan output yang tidak seragam.

#### **4.3.4 Tahap Improve**

Tahap ke-empat dalam *Six Sigma* yaitu *Improve*, pada tahap ini dicari usulan perbaikan yang paling tepat dan mengimplementasikannya. Namun pada penelitian ini, tahap *Improve* hanya dibatasi hingga mencari usulan perbaikan saja melalui *tool* berupa *Fuzzy FMEA*. Menurut Puspitasari dan Arif (2014), FMEA merupakan teknik yang digunakan untuk mencari, mengidentifikasi dan menghilangkan kegagalan potensial pada sistem sebelum produk tersebut sampai ke konsumen. Menurut Vinodh *et al.* (2012), FMEA yang diintegrasikan dengan *Fuzzy* dapat memperjelas informasi dari para pakar yang memiliki keahlian berbeda-beda.

Kuesioner FMEA dibagikan kepada 3 pakar, yaitu satu *Supervisor* dan dua *Line Leader* Produksi. Rekap Kuesioner

Fuzzy FMEA dapat dilihat pada **Lampiran 19**. Langkah pertama yaitu menyesuaikan skor masing-masing faktor S, O, D ke bahasa linguistik dan *fuzzy number* yang dapat dilihat pada **Lampiran 20**. *Fuzzy number* untuk faktor *severity*, *occurrence* dan *detection* dapat dilihat pada **Lampiran 6 – 8**. Langkah selanjutnya yaitu perhitungan agregasi penilaian peringkat *Fuzzy* terhadap nilai faktor S, O, D yang dapat dilihat pada **Lampiran 21**. Selanjutnya yaitu perhitungan agregasi bobot kepentingan skor faktor S, O, D pada **Lampiran 22**. Perhitungan agregasi peringkat *Fuzzy* dan bobot kepentingan skor faktor S, O, D diperoleh dengan mengalikan *fuzzy number* dengan bobot masing-masing responden yang telah disebutkan pada **Tabel 3.6**. Selanjutnya yaitu penentuan nilai FRPN untuk masing-masing mode kegagalan dan melakukan perangkingan yang tertera pada **Lampiran 23**. Perangkingan dilakukan dari nilai FRPN tertinggi hingga terendah. Mode kegagalan yang diprioritaskan usulan perbaikannya yaitu yang memiliki nilai FRPN tertinggi.

Berdasarkan nilai FRPN, mode kegagalan dengan ranking tertinggi yaitu intensitas penyemprotan alkohol belum sesuai. Alkohol disemprotkan pada *peer* untuk menghilangkan bekas sirup yang menempel. Bekas sirup tersebut mengakibatkan *peer* pada *nozzle* lengket. *Peer* yang lengket tidak dapat meregang sehingga sirup terus keluar dari *nozzle* dan terjadi *overflow*. Ranking kedua yaitu mode kegagalan berupa kurangnya skill operator untuk mengoperasikan dan melakukan *setting* pada mesin *filling*. Operator proses *filling* memiliki pengalaman dan kemampuan pengoperasian mesin yang berbeda-beda. Terdapat operator yang kurang bisa melakukan *setting* dan mengoperasikannya. Hal tersebut berimbas pada beragamnya volume produk yang dihasilkan. Mode kegagalan ketiga yaitu *ring* pada *nozzle* bermasalah. *Ring* tersebut berfungsi untuk mengatur ketinggian volume ketika proses *filling*. *Ring* ini terbuat dari karet sehingga dapat melar, *ring* yang telah melar dapat menyebabkan volume tidak sesuai dengan *filling point* yang telah diatur. Pengaturan *ring* awal dilakukan oleh bagian *Engineering*. Ketika mesin telah berjalan dan ketinggian *ring* belum sesuai, maka *ring* dapat diatur oleh operator *filling*. Usulan

perbaikan untuk mengatasi permasalahan tersebut diantaranya adalah sebagai berikut.

a. Penempelan IK

Penempelan Instruksi Kerja (IK) untuk proses *filling*, termasuk mengenai penyemprotan alkohol pada *nozzle* serta *setting* dan cara menangani mesin oleh operator *filling* apabila terjadi macet. IK dapat ditempel pada area *filling* yang mudah dilihat. Penempelan IK diharapkan dapat menjadi pengingat agar operator melakukan aktivitas produksi dengan benar, sehingga mengurangi terjadinya *overflow* dan *underfill* volume produk. Menurut Hadi (2007), instruksi kerja merupakan suatu petunjuk yang detail tentang bagaimana suatu proses dilaksanakan. Tujuan IK adalah sebagai pelengkap prosedur dan dapat membantu proses pengendalian. Bentuk IK dapat berupa diagram alir, gambar, uraian suatu kegiatan dan lain sebagainya. Menurut Arnina (2016), IK dapat ditempelkan di dekat benda atau pada badan benda yang akan dioperasikan.

b. Penggantian *ring* secara teratur

Penggantian *ring* secara teratur diperlukan agar volume produk tidak *overflow* maupun *underfill*. Selama ini pergantian *ring* dilakukan apabila telah melar. Sebaiknya pergantian *ring* dilakukan sebelum melar, dapat dilakukan analisis tren untuk mengetahui apakah *ring* akan melar. Analisis tren tersebut dapat berupa jangka waktu penggunaan atau kapasitas sampai *ring* tersebut benar-benar melar. *Ring* yang akan digunakan harus selalu diperiksa, baik oleh departemen *Engineering* (selaku penyedia dan pihak yang melakukan instalasi *ring* awal) maupun operator. Ketinggian *ring* harus disesuaikan dengan *filling point* yang akan dicapai sebelum proses *filling* berjalan. Pemeriksaan dan pergantian *ring* secara berkala ini dapat dikategorikan dalam *preventive maintenance*.

c. Peningkatan *monitoring* volume produk

Peningkatan *monitoring* proses *filling* dilakukan untuk meminimalisir terjadinya *overflow* dan *underfill*. Intensitas

monitoring oleh *line leader* dapat ditingkatkan dari dua kali per *shift*, yaitu sebelum dan sesudah istirahat. Menurut Pella dan Afifah (2011), *monitoring* diperlukan agar pemegang jabatan atau atasan dapat mengetahui sejauh mana suatu proses telah dijalankan dengan efisien dan efektif, serta untuk mengendalikan proses agar sesuai dengan standar.

d. Peningkatan *quality awareness* tenaga kerja

Peningkatan *quality awareness* pada semua lapisan pekerja diharapkan dapat mengurangi adanya *overfill* dan *underfill* volume produk, dikarenakan pekerja berusaha untuk menjaga produk yang dihasilkannya. Pekerja diingatkan dan dikenalkan ulang terhadap standar volume yang harus dicapai serta akibat apabila volume tidak terpenuhi. Apabila volume produk *underfill*, perusahaan dapat diberi peringatan bahkan tidak boleh mengedarkan produknya karena melanggar regulasi BDKT. Jika volume *overfill*, maka perusahaan akan kehilangan kesempatan untuk memproduksi lebih. Diharapkan semua pekerja sadar bahwa produk yang dihasilkan akan berimbas pada perusahaan yang merupakan tempat mereka bekerja.

e. Perawatan mesin secara berkala

Perawatan mesin secara berkala perlu dilakukan untuk mencegah terjadinya *breakdown* pada mesin. Terlebih lagi apabila telah memasuki musim produksi sirup, sebaiknya perawatan mesin dilakukan dengan lebih intensif agar mesin tidak macet serta produksi dapat berjalan dengan lancar dan sesuai dengan target. Metode perawatan preventif dapat dilakukan untuk mencegah terjadinya kerusakan atau macet pada mesin. Perawatannya dapat dilakukan secara periodik (berkala), penggantian komponen dan *spare part* mesin seperti *ring* sebelum komponen tersebut rusak. Menurut Darminto dan Rama (2007), dalam rangka mempertahankan kualitas dan meningkatkan produktivitas, salah satu faktor penting yang harus diperhatikan adalah masalah perawatan mesin (*maintenance*) dan fasilitas produksi. Berkaitan dengan hal tersebut, maka pihak yang menangani masalah

perawatan harus mampu menemukan sistem perawatan yang paling baik untuk dapat meminimasi jumlah *breakdown* mesin dan biaya perbaikan atau perawatan mesin yang dikeluarkan. Menurut Jiwantoro dkk. (2013), teknik *preventive maintenance* bertujuan untuk memperkecil variasi kerusakan mesin per satuan waktu tertentu, menghindarkan kerusakan yang mendadak dan memperpanjang umur mesin. Tujuan perawatan ini untuk mencapai performa mesin yang optimal.



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan analisa pembahasan yang telah dilakukan, terdapat beberapa hal yang dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Terdapat tiga jenis cacat pada stasiun *filling*, yaitu *overflow*, *underfill* dan *crown* botol yang tidak tertutup sempurna. Berdasarkan analisis Pareto, jenis CTQ yang berkontribusi sebanyak 80% yaitu *overflow* dan *underfill*. Kedua jenis ketidaksesuaian tersebut selanjutnya dianalisis menggunakan metode *Six Sigma*.
2. Kapabilitas potensial proses *filling* ABC *Squash Delight Orange* yaitu  $C_p$  sebesar 0,89 dan  $P_p$  0,53. Kapabilitas aktualnya yaitu  $C_{pk}$  0,77 dan  $P_{pk}$  0,45. Indeks  $C_{pm}$  sebesar 0,84 dan  $P_{pm}$  0,52 yang menunjukkan bahwa nilai rata-rata proses tidak sama dengan nilai target yang telah ditentukan perusahaan. DPMO jangka pendek proses *filling* sebesar 11.900, kemudian dikonversi ke level sigma jangka pendek sebesar 3,7604. DPMO jangka panjang sebesar 122.800, sehingga diperoleh level sigma jangka panjang sebesar 2,6612. Level sigma proses *filling* sirup ABC *Squash Delight* sesuai dengan rata-rata level sigma industri di Indonesia.
3. Faktor-faktor penyebab ketidaksesuaian volume sirup *squash* dengan nilai FRPN tertinggi adalah: intensitas penyemprotan alkohol belum sesuai (5,47); kurangnya *skill* operator untuk mengoperasikan dan *setting* mesin (5,29); *ring* pada *nozzle* bermasalah (4,60). Usulan perbaikan yang diberikan yaitu penempelan IK, penggantian *ring* secara teratur, peningkatan *monitoring* volume produk, peningkatan *quality awareness* serta perawatan mesin secara berkala.

#### 5.2 Saran

Beberapa saran yang dapat diberikan untuk menyempurnakan hasil penelitian adalah sebagai berikut.

1. Perlu penyusunan IK *filling*, terutama terkait dengan penyemprotan alkohol dan *setting* mesin. Penggantian dan



pengaturan *ring* sesuai dengan *filling point* sebelum proses berjalan. Peningkatan *monitoring* volume produk baik oleh *line leader* atau *supervisor*. Peningkatan *quality awareness* pada semua lapisan orang pada perusahaan. Perawatan mesin secara berkala, terlebih ketika musim produksi sirup.

2. Penelitian berikutnya diharapkan dapat mengimplementasikan perbaikan yang telah diusulkan. Selanjutnya diharapkan dapat sampai melakukan tahap *control* sehingga dapat dilakukan pengendalian dan evaluasi terhadap proses yang telah dilakukan perbaikan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aditya, Y. dan Jabbar M. R. 2013. **Usulan Penerapan *Process Capability* dan *Acceptance Sampling Plans* Berdasarkan MIL-STD 1916 untuk Pengendalian Kualitas Produk pada PT XYZ.** Jurnal Teknik Industri USU 1 (2): 41-52.
- Almansur, A. M., Sukardi and Machfud. 2017. ***Improving Performance of Biscuit Production Process Through Lean Six – Sigma at PT XYZ.*** Indonesian Journal of Business and Entrepreneurship 3 (2): 77-89.
- Alvarez, E., Pablo J. M. F., Francisco J. B. E., and Juan F. M. 2015. ***Methodological Insights for Industrial Quality Control Management: The Impact of Various Estimators of The Standard Deviation on The Process Capability Index.*** Journal of King Saud University – Science 27: 271-277.
- Arif, M. 2016. **Bahan Ajar Rancangan Teknik Industri.** Deepublish. Yogyakarta. Hal. 194.
- Arnina, P. 2016. **Langkah-langkah Efektif Menyusun SOP.** Huta Publisher. Jakarta. Hal. 45.
- Astuti, R. D. dan Irwan I. 2016. **Analisis dan Perancangan Sistem Kerja.** Deepublish. Sleman. Hal. 18-20.
- Atesmen, M. K. 2016. ***Process Control Techniques for High-Volume Production.*** CRC Press. New York.
- Atiqoh, J., Ida W. dan Daru L. 2014. **Faktor-faktor yang Berhubungan dengan Kelelahan Kerja pada Pekerja Konveksi Bagian Penjahitan di CV. Aneka Garment Gunungpati Semarang.** Jurnal Kesehatan Masyarakat 2 (2): 120.

- Badan Pengawas Obat dan Makanan. 2016. **Peraturan Kepala Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia No. 21 Tahun 2016: Tentang Kategori Pangan.**
- Bahrami, M., Daniel H. B. and Mojtaba S. S. 2012. ***Innovation and Improvements in Project Implementation and Management Using FMEA Technique.*** *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, Islamic Azad University, Isfahan, pp. 418-425.
- Bakhtiar, S., Tahir S. dan Hasni R. A. 2013. **Analisa Pengendalian Kualitas dengan Menggunakan Metode *Statistical Quality Control (SQC)*: Studi Kasus pada UD. Mestika Tapaktuan.** Malikussaleh Industrial Engineering Journal 2 (1): 30-33.
- Basu, A. 2015. ***Software Quality Assurance, Testing and Metrics.*** PHI Learning Private Limited. New Delhi. p. 243.
- Blocher, E. J., Kung H. C., Gary C. dan Thomas W. L. 2007. **Manajemen Biaya: Penekanan Strategis (1), Edisi 3.** Salemba Empat. Jakarta. Hal. 240.
- Blocher, E. J., Kung H. C., Gary C. dan Thomas W. L. 2007. **Manajemen Biaya: Penekanan Strategis (2), Edisi 3.** Salemba Empat. Jakarta. Hal. 416.
- Carroll, C. T. 2013. ***Six Sigma for Powerful Improvement: A Green Belt DMAIC Training System with Software Tools and A 25-Lesson Course.*** CRC Press. Florida. p. 166-169.
- Charantimath, P. M. 2011. ***Total Quality Management Second Edition.*** Dorling Kindersley (India) Pvt. Ltd.: New Delhi. p. 204.

- Chiozza, M. L. and Clemente P. 2009. ***FMEA: A Model for Reducing Medical Errors***. International Journal of Clinical and Diagnostic Laboratory Medicine 404 (1): 75-78.
- Christensen, C., Kathleen M. B., and Marilyn S. T. 2013. ***The Certified Quality Process Analyst Handbook: Second Edition***. Quality Press. Milwaukee.
- Clute, M. 2009. ***Food Industry Quality Control Systems***. CRC Press. New York. p. 8-12.
- Czarski, A. 2009. ***Assessment of A Long-Term and Short-Term Process Capability in The Approach of Analysis of Variance (ANOVA)***. Metallurgy and Foundry Engineering 35 (2): 111-119.
- Darminto P. dan Rama K. S. 2007. ***Analisa Sistem Perawatan Komponen Bearing Bottom Roller dan V Belt Mesin Ring Frame RY-5 pada Departemen Spinning II A (di PT Danliris Surakarta)***. Jurnal Teknik Industri UNDIP 2 (2): 40.
- Devi, M. P., N. Bhowmick, M. R. Bhanusree and S. K. Ghosh. ***Preparation of Value Added Products Through Preservation***. India. Springer. p. 16.
- Ellianto, M. S. D., Purnomo B. S. dan Achmad A. S. 2015. ***Usulan Penerapan Lean Six Sigma, FMEA dan Fuzzy untuk Meningkatkan Kualitas Produk Botol Sabun Cair***. JEMIS 3 (1): 28-34.
- Ertürk, M., Muhemmetali T. and Aihemaituoheti W. 2016. ***The Effects of Six Sigma Approach on Business Performance: A Study of White Goods (Home Appliances) Sector in Turkey***. *Procedia – Social and*

- Behavioral Sciences*, Istanbul Commerce University, Istanbul, pp. 444-452.
- Evans, J. R. dan William M. L. 2007. ***An Introduction to Six Sigma Process Improvement***. Salemba Empat. Jakarta. Hal. 19, 49-50, 145-147, 187.
- Fajrin, A. E., Slamet H. dan Lestari R. W. 2015. **Permintaan Gula Rafinasi pada Industri Makanan Minuman dan Farmasi di Indonesia**. Jurnal Agro Ekonomi 26 (2): 150-151.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2016. ***Fruit Juice***.
- Gambhir, M. L. and Neha J. 2014. ***Lab Manual-Building and Construction Materials (Testing and Quality Control)***. McGraw Hill Education. New Delhi. p. 1-2.
- Gasperzs, V. 2007. ***Lean Six Sigma for Manufacturing and Service Industries***. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta. p. 231.
- Gijo, E. V. and Ashok S. 2013. ***Application of Six Sigma to Improve the Quality of the Road for Wind Turbine Installation***. The TQM Journal 25 (3): 244-258.
- Hadi, A. 2007. **Pemahaman dan Penerapan ISO/IEC 17025: 2005**. Ikrar Mandiriabadi. Jakarta. Hal. 56.
- Hadidi, L. A., Abdulaziz B. and Suleiman K. 2016. ***Six Sigma for Improving Aesthetic Defects in Aluminum Profiles Facility***. Facilities 35 (3/4): 241-267.
- Harry, M. J., Prem S. M., Ofelia de H., Chris L. and Richard H. 2010. ***Practitioner's Guide for Statistics and Lean Six Sigma for Process Improvements***. John Wiley & Sons, Inc. New Jersey.

- Harsanto, B. 2013. **Dasar Ilmu Manajemen Operasi**. UNPAD Press. Sumedang. Hal. 82-83.
- Hendee, W. R. 2011. ***Quality and Safety in Radiotherapy***. CRC Press. United States of America.
- Herjanto, E. 2007. **Manajemen Operasi**. Grasindo. Jakarta. Hal. 138.
- Hidayat, R., Faikul U., dan Hairil B. 2014. **Perancangan Mekanisme Kontrol Kinerja Supply Chain Management (SCM)**. Jurnal Teknik Industri Universitas Diponegoro 9 (1): 45-56.
- Hurst, K. S. 2007. **Prinsip-prinsip Perancangan Teknik**. Erlangga. Jakarta.
- Januar, M., Retno A., dan Dhita M. I. **Analisis Pengendalian Kualitas pada Proses Pengeringan Teh Hitam dengan Metode Six Sigma: Studi Kasus di PTPN XII (Persero) Wonosari, Lawang**. Jurnal Teknologi Pertanian 15 (1): 37-46.
- Jirasukprasert, P., Jose A. G. R., Vikas K. and Ming K. L. 2014. ***A Six Sigma and DMAIC Application for the Reduction of Defects in A Rubber Gloves Manufacturing Process***. International Journal of Lean Six Sigma 5 (1): 1-22.
- Jiwanoro, A. Bambang D. A. dan Wahyunanto A. N. 2013. **Analisis Efektivitas Mesin Penggiling Tebu dengan Penerapan Total Productive**. Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem 1 (2): 20.
- Joghee, R. 2017. ***Control Chart for High Quality Processes Based on Six Sigma Quality***. International Journal of Quality and Reliability Management 34 (1): 1-17.

- Jonny and Jessika C. 2012. ***Improving the Quality Asbestos Roofing at PT BBI Using Six Sigma Methodology.*** *Procedia Social and Behavioral Sciences, Bina Nusantara University, Jakarta, pp. 306-312.*
- Joseph, J. and Sangeeta S. 2015. ***Preparation and Quality Evaluation of Mixed Fruit Squash.*** International Journal of Advance Industrial Engineering 3 (3): 100-104.
- Kazmier, L. J. 2009. **Statistik untuk Bisnis.** Erlangga. Jakarta. Hal. 145.
- Koppel, S. and Shing I. C. 2016. ***A Process Capability Analysis Method Using Adjusted Modified Sample Entropy.*** *Procedia Manufacturing, Department of Industrial and Manufacturing System Engineering – Kansas University, Kansas, pp. 122-123.*
- Lind, D. A., William G. M., dan Samuel A. W. 2008. **Teknik-teknik Statistika dalam Bisnis dan Ekonomi Menggunakan Kelompok Data Global: Edisi 13 Buku 2.** Salemba Empat. Jakarta. Hal. 355.
- Marques, P. A. D. A. and Robert M. 2017. ***Six Sigma DMAIC Project to Improve the Performance of An Aluminum Die Casting Operation in Portugal.*** International Journal of Quality and Reliability Management 34 (2): 306-330.
- Montgomery, D. C. 2009. ***Introduction to Statistical Quality Control: 6<sup>th</sup> Edition.*** John Wiley & Sons, Inc. New Jersey.
- Muralidharan, K. 2015. ***Six Sigma for Organizational Excellence: A Statistical Approach.*** Springer. New Delhi. p. 214-217.

- Nailah, Ambar H., dan Gita P. L. 2014. **Usulan Perbaikan untuk Mengurangi Jumlah Cacat pada Produk Sandal Eiger S-101 Lightspeed dengan Menggunakan Metode Six Sigma.** Jurnal Online Institut Teknologi Nasional 2 (2): 256-267.
- Paciarotti, C., Giovanni M. and Davide D. 2014. ***A Revised FMEA Application to The Quality Control Management.*** International Journal of Quality & Reliability Management 31 (7): 787-811.
- Pella, D. A. dan Afifah I. 2011. ***Talent Management.*** Gramedia Pustaka Utama. Jakarta. Hal. 158.
- Prajapati, D. R. and Sukhraj S. 2016. ***Determination of Level of Correlation for Products of Pharmaceutical Industry by Using Modified X-bar Chart.*** International Journal of Quality and Reliability Management 33 (6): 724-746.
- Puspitasari, N. B. dan Arif M. 2014. **Penggunaan FMEA dalam Mengidentifikasi Risiko Kegagalan Proses Produksi Sarung ATM (Alat Tenun Mesin) (Studi Kasus PT Asaputex Jaya Tegal).** Jurnal Teknik Industri Universitas Diponegoro 9 (2): 93-98.
- Rahinnaya, R. dan Mirwan S. P. 2016. **Analisis Pengaruh Pelatihan dan Pengembangan, Kompensasi serta Kompetensi Terhadap Kinerja Karyawan (Studi pada PT Pos Semarang).** Journal of Management UNDIP 5 (3): 2-3.
- Ramadhani, G. S., Yuciana dan Suparti. 2014. **Analisis Pengendalian Kualitas Menggunakan Diagram Kendali Demerit (Studi Kasus Produksi Air Minum dalam Kemasan 240 ml di PT TIW).** Jurnal Gaussian 3 (3): 401-410.



- Republik Indonesia. 2011. **Peraturan Menteri Perdagangan Republik Indonesia nomor: 31/M-DAG/PER/10/2011 tentang Barang Dalam Keadaan Terbungkus.**
- Rienoviar dan Husain N. 2010. **Penggunaan Asam Askorbat (Vitamin C) untuk Meningkatkan Daya Simpan Sirup Rosela (*Hibicus sabdariffa* Linn.).** Jurnal Hasil Penelitian Industri 23 (1):12.
- Rijanto, O. A. W. 2015. **Analisis Pengendalian Mutu Proses *Machining Alloy Wheel* Menggunakan Metode *Six Sigma*.** Jurnal Ilmiah Teknik Industri 13 (2): 177-186.
- Rinawati, D. I., Diana P. dan Fatrin M. 2012. **Penentuan Waktu Standar dan Jumlah Tenaga Kerja Optimal pada Produksi Batik Cap (Studi Kasus: IKM Batik Saud Effendy, Laweyan).** Jurnal Teknik Industri UNDIP 7 (3): 143-150.
- Rodríguez, M. E. P. 2013. ***Statistical Process Control for the FDA-Regulated Industry.*** ASQ Quality Press. Milwaukee. p. 40.
- Roghanian, E. and Fatemeh M. 2015. ***Using Fuzzy FMEA and Fuzzy Logic in Project Risk Management.*** Iranian Journal of Management Studies 8 (3): 373-395.
- Rozalena, A. dan Sri K. D. 2016. **Panduan Praktis Menyusun Pengembangan Karier dan Pelatihan Karyawan.** Niaga Swadaya. Jakarta. Hal. 127-129.
- Saha, A. and Himadri M. 2016. ***Performance Analysi and Optimization in Turning of ASTM A36 Through Process Capability Index.*** Journal of King Saud University.

- Santoso, S. 2010. **Statistik Multivariat**. Elex Media Komputindo. Jakarta. p. 43.
- Setijono, D. 2010. ***Normal Approximation Through Data Replication When Estimating DisPMO, DePMO, Left-Side and Right-Side Sigma Levels from Non-Normal Data***. International Journal of Quality & Reliability Management 27 (3): 318-333.
- Sidartawan, R. 2014. ***Analisa Pengendalian Proses Produksi Snack Menggunakan Metode Statistical Process Control (SPC)***. Jurnal ROTOR 7 (2): 6-11.
- Simanova, L. 2015. ***Specific Proposal of the Application and Implementation Six Sigma in Selected Processes of the Furniture Manufacturing***. *Procedia Economics and Finance*, Technical University in Zvolen: Faculty of Wood Sciences and Technology, Zvolen, pp. 268-275.
- Sower, V. E. 2011. ***Essentials of Quality: With Cases and Experiential Exercises***. John Wiley & Sons, Inc. United States of America.
- Srinivasan, K., S. Muthu, S. R. Devadasan and C. Sugumaran. 2014. ***Enhancing Enhancing Effectiveness of Shell and Tube Heat Exchanger Trough Six Sigma DMAIC phases***. *Procedia Engineering*, Tamilnadu, pp. 2064-2071.
- Sukardi, Usman E., dan Diyah A. A. 2011. ***Aplikasi Six Sigma pada Pengujian Kualitas Produk di UKM Keripik Apel Tinjauan dari Aspek Proses***. Jurnal Teknologi Pertanian 12 (1): 1-7.

- Syaviudin, I. S. Y. 2011. **Analisis Pengendalian Kualitas Proses Pengisian (*Filling*) Sprite dengan Pendekatan Metode Six Sigma (Studi Kasus: PT Coca Cola Botling)**. Skripsi. Universitas Brawijaya. Malang.
- Taylan, O. and Ibrahim A. D. 2012. ***Fuzzy Control Chart for Process Quality Improvement and Product Assessment in Tip Shear Carpet Industry***. Journal of Manufacturing Technology Management 23 (3): 402-420.
- Vinodh, S., S. Aravindraj, Ravi S. N. and N. Yogeshwaran. 2012. ***Fuzzy Assessment of FMEA for Rotary Switches: A Case Study***. The TQM Journal 24 (5): 461-475.
- Wahyunugraha, W. H., Abdullah A., dan Nurlita G. 2013. **Analisis Kegagalan pada Boiler PLTU dengan Menggunakan Metode Failure Mode Effect Analysis (FMEA)**. Jurnal Teknik POMITS 1 (1): 1-6.
- Walker, H. F., Ahmad K. E., Bisham C. G. and Mary M. V. 2012. ***The Certified Quality Inspector Handbook: Second Edition***. Quality Press. Milwaukee. p. 302.
- Wang, Y. M., Kwai S. C., Gary K. K. P. and Jian B. Y. 2009. ***Risk Evaluiation in Failure Mode and Effect Analysis Using Fuzzy Weighted Geometric Mean***. Expert System with Application Journal 36: 1195-1207.
- Wessiani, N. A. and Satria O. S. 2015. ***Risk Analysis of Poultry Feed Production Using Fuzzy FMEA***. *Procedia Manufacturing*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember: Department of Industrial Engineering, Surabaya, pp. 270-281.

- Windarti, T. 2014. **Pengendalian Kualitas untuk Meminimasi Produk Cacat pada Proses Produksi Besi Beton.** Jurnal Teknik Industri UNDIP 9 (3): 173-180.
- Wiranti, R., Laksmi P. W. dan Nuri W. 2013. **Analisa Kemampuan Proses Produksi dan Manajemen Inventory CV. XYZ.** Jurnal Sains dan Seni POMITS 2 (1): 1-6.
- Wooluru, Y., Swamy D. R., and P. Nagesh. 2014. ***The Process Capability Analysis – A Tool for Process Performances Measures and Metrics – A Case Study.*** International Journal for Quality Research 8 (3): 399-416.
- Yanuar, J. T. dan Triwilaswandio W. P. 2012. **Studi Implementasi Six Sigma pada Tahap Fabrikasi dalam Proses Pembangunan Kapal Baru.** Jurnal Teknik POMITS 1 (2): 1-6.



**Lampiran 1. Konstanta Peta Kendali  $\bar{X}$  – S**

<b>Ukuran Subgrup</b>	<b>A3</b>	<b>B3</b>	<b>B4</b>
10	0,975	0,284	1,716
11	0,927	0,321	1,679
12	0,886	0,354	1,646
13	0,850	0,382	1,618
14	0,817	0,406	1,594
15	0,789	0,428	1,572
16	0,763	0,448	1,552
17	0,739	0,466	1,534
18	0,718	0,482	1,518
19	0,698	0,497	1,503
20	0,680	0,510	1,490
21	0,663	0,523	1,477
22	0,647	0,534	1,466
23	0,633	0,545	1,455
24	0,619	0,555	1,445
25	0,606	0,565	1,435

Sumber: Atesmen (2016).



## Lampiran 2. Kuesioner FMEA



KEMENTERIAN RISET TEKNOLOGI DAN  
PENDIDIKAN TINGGI  
JURUSAN TEKNOLOGI INDUSTRI  
PERTANIAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
MALANG

Dengan hormat,

Saya mahasiswa Jurusan Teknologi Industri Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian – Universitas Brawijaya Malang memohon kesediaan Bapak/Ibu untuk mengisi kuesioner berikut ini. Kuesioner ini akan digunakan untuk menyelesaikan tugas akhir S1 dengan judul “**Pengendalian Kualitas pada Stasiun *Filling* Sirup ABC Squash Delight dengan Menggunakan Metode Six Sigma (Studi Kasus di PT Heinz ABC – Pasuruan)**”. Kuesioner ini ditujukan untuk Manajer produksi, Supervisor bagian produksi dan *Line Leader* pada stasiun *filling* Sirup ABC Squash Delight Orange 525 ml.

Besar harapan saya, Bapak/Ibu untuk dapat memberikan jawaban kuesioner dengan sejujurnya demi kelancaran penelitian ini. Semua informasi dalam kuesioner ini hanya digunakan untuk kepentingan akademis. Atas ketersediaan dan kerjasama Bapak/Ibu, saya menyampaikan terima kasih.

Hormat saya,

Amalia Tri Octavia  
NIM. 135100307111053



## IDENTITAS RESPONDEN

Nama :  
Jabatan :

## Penilaian Penyebab Ketidaksesuaian Produk ABC *Squash Delight Orange*

### Petunjuk Pengisian:

- Lingkarkanlah pada nilai yang sesuai dengan skala *Severity* (dampak), *Occurrence* (kejadian) dan *Detection* (deteksi).
- Petunjuk pemilihan skala *Severity*, *Occurrence*, dan *Detection* adalah sebagai berikut.
- Keterangan:
  - *Severity* : Tingkat keparahan yang ditimbulkan jika terjadi cacat.
  - *Occurrence* : Seberapa sering cacat terjadi.
  - *Detection* : Tingkat lolosnya cacat dari inspeksi yang dilakukan

### Skala Penilaian *Severity* (Dampak)

<i>Severity</i>	Deskripsi	Skala
<i>Dangerously high</i>	Akibat dari kegagalan berbahaya bagi keselamatan konsumen/pengguna	10
<i>Extremely high</i>	Sama seperti diatas, namun ada peringatan	9
<i>Very high</i>	Produk tidak bekerja/berjalan	8
<i>High</i>	Degradasi produk dan ketidakpuasan konsumen tinggi	7
<i>Moderate</i>	Kegagalan sebagian produk dan ketidakpuasan pelanggan	6
<i>Low</i>	Produk bisa dikerjakan ulang dan terdapat beberapa konsumen yang tidak puas	5
<i>Very low</i>	Kegagalan dapat diperhatikan oleh banyak konsumen	4

<i>Minor</i>	Kegagalan dapat diperhatikan oleh beberapa konsumen	3
<i>Very minor</i>	Kegagalan tidak jelas bagi konsumen	2
<i>None</i>	Tidak ada akibat	1

### **Skala Penilaian *Occurrence* (Kejadian)**

<b><i>Occurrence</i></b>	<b>Deskripsi</b>	<b>Frekuensi</b>	<b>Skala</b>
<i>Very high</i>	Kegagalan hampir tak terelakkan	1 per 2	10
		1 per 3	9
<i>High</i>	Kegagalan berulang	1 per 8	8
		1 per 20	7
<i>Moderate</i>	Kegagalan sesekali	1 per 80	6
		1 per 400	5
		1 per 2000	4
<i>Low</i>	Kegagalan relatif sedikit	1 per 15.000	3
		1 per 150.000	2
<i>Remote</i>	Kegagalan tidak mungkin terjadi	1 per 1.500.000	1

**Skala Penilaian *Detection* (Deteksi)**

<b><i>Detectability</i></b>	<b>Deskripsi</b>	<b>Skala</b>
<i>Absolute uncertainty</i>	Mustahil untuk mendeteksi kegagalan	10
<i>Very remote</i>	Sangat sulit untuk mendeteksi kegagalan	9
<i>Remote</i>	Sulit untuk mendeteksi kegagalan	8
<i>Very low</i>	Kemungkinan sangat kecil untuk mendeteksi kegagalan	7
<i>Low</i>	Kemungkinan kecil untuk mendeteksi kegagalan	6
<i>Moderate</i>	Kemungkinan sedang untuk mendeteksi kegagalan	5
<i>Moderately high</i>	Kemungkinan cukup tinggi untuk mendeteksi kegagalan	4
<i>High</i>	Kemungkinan pengendalian saat ini dapat mendeteksi kegagalan	3
<i>Very high</i>	Tingginya kemungkinan pengendalian saat ini dapat mendeteksi kegagalan	2
<i>Almost certain</i>	Dipastikan pengendalian saat ini dapat mendeteksi kegagalan	1

- a) Variasi Volume Sirup *Squash Delight Orange* 525 ml
- Penyebab Variasi Volume Sirup *Squash Delight Orange* 525 ml

**Petunjuk Pengisian:**

- Lingkarilah pada nilai yang sesuai dengan skala *Severity* (dampak), *Occurrence* (kejadian) dan *Detection* (deteksi).

1. Ring pada nozzle bermasalah													
<i>Severity</i>	Tidak ada	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Sangat berbahaya	
<i>Occurrence</i>	Hampir tidak pernah	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Hampir selalu	
<i>Detection</i>	Selalu dapat mendeteksi	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Tidak mampu mendeteksi	
2. Adanya busa pada produk													
<i>Severity</i>	Tidak ada	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Sangat berbahaya	
<i>Occurrence</i>	Hampir tidak pernah	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Hampir selalu	
<i>Detection</i>	Selalu dapat mendeteksi	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Tidak mampu mendeteksi	

3. Volume botol yang tidak seragam													
Severity	Tidak ada	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Sangat berbahaya	
Occurrence	Hampir tidak pernah	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Hampir selalu	
Detection	Selalu dapat mendeteksi	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Tidak mampu mendeteksi	
4. Kurangnya skill operator untuk mengoperasikan dan setting mesin													
Severity	Tidak ada	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Sangat berbahaya	
Occurrence	Hampir tidak pernah	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Hampir selalu	
Detection	Selalu dapat mendeteksi	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Tidak mampu mendeteksi	
5. Kurangnya ketanggapan operator													
Severity	Tidak ada	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Sangat berbahaya	
Occurrence	Hampir tidak pernah	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Hampir selalu	
Detection	Selalu dapat mendeteksi	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Tidak mampu mendeteksi	

6. Mesin sering macet													
Severity	Tidak ada	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Sangat berbahaya	
Occurrence	Hampir tidak pernah	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Hampir selalu	
Detection	Selalu dapat mendeteksi	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Tidak mampu mendeteksi	
7. Intensitas penyemprotan alkohol belum sesuai													
Severity	Tidak ada	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Sangat berbahaya	
Occurrence	Hampir tidak pernah	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Hampir selalu	
Detection	Selalu dapat mendeteksi	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Tidak mampu mendeteksi	
1. Suhu produk yang beragam													
Severity	Tidak ada	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Sangat berbahaya	
Occurrence	Hampir tidak pernah	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Hampir selalu	
Detection	Selalu dapat mendeteksi	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Tidak mampu mendeteksi	

- **Penilaian Bobot Faktor Variasi Volume Produk ABC *Squash Delight Orange***

**Petunjuk Pengisian:**

- Lingkarilah pada nilai yang sesuai dengan bobot skala *Severity* (dampak), *Occurrence* (kejadian) dan *Detection* (deteksi).
- Keterangan:
  - *Severity* : Tingkat keparahan yang ditimbulkan jika terjadi cacat.
  - *Occurrence* : Seberapa sering cacat terjadi.
  - *Detection* : Tingkat lolosnya cacat dari inspeksi yang dilakukan

Faktor	Bobot						
<i>Severity</i>	Sangat Rendah (VL)	0	0,25	0,5	0,75	1	Sangat Tinggi (VH)
<i>Occurrence</i>		0	0,25	0,5	0,75	1	
<i>Detection</i>		0	0,25	0,5	0,75	1	

### Lampiran 3. Skala Penilaian *Severity*

<b>Severity</b>	<b>Deskripsi</b>	<b>Skala</b>
<i>Dangerously high</i>	Akibat dari kegagalan berbahaya bagi keselamatan konsumen/pengguna	10
<i>Extremely high</i>	Sama seperti diatas, namun ada peringatan	9
<i>Very high</i>	Produk tidak bekerja/berjalan	8
<i>High</i>	Degradasi produk dan ketidakpuasan konsumen tinggi	7
<i>Moderate</i>	Kegagalan sebagian produk dan ketidakpuasan pelanggan	6
<i>Low</i>	Produk bisa dikerjakan ulang dan terdapat beberapa konsumen yang tidak puas	5
<i>Very low</i>	Kegagalan dapat diperhatikan oleh banyak konsumen	4
<i>Minor</i>	Kegagalan dapat diperhatikan oleh beberapa konsumen	3
<i>Very minor</i>	Kegagalan tidak jelas bagi konsumen	2
<i>None</i>	Tidak ada akibat	1

Sumber: Paciarotti *et al.* (2014).





#### Lampiran 4. Skala Penilaian *Occurrence*

<i>Occurrence</i>	Deskripsi	Frekuensi	Skala
<i>Very high</i>	Kegagalan hampir tak terelakkan	1 per 2	10
		1 per 3	9
<i>High</i>	Kegagalan berulang	1 per 8	8
		1 per 20	7
<i>Moderate</i>	Kegagalan sesekali	1 per 80	6
		1 per 400	5
		1 per 2000	4
<i>Low</i>	Kegagalan relatif sedikit	1 per 15.000	3
		1 per 150.000	2
<i>Remote</i>	Kegagalan tidak mungkin terjadi	1 per 1.500.000	1

Sumber: Paciarotti *et al.* (2014).



## Lampiran 5. Skala Penilaian *Detection*

<b><i>Detectability</i></b>	<b>Deskripsi</b>	<b>Skala</b>
<i>Absolute uncertainty</i>	Mustahil untuk mendeteksi kegagalan	10
<i>Very remote</i>	Sangat sulit untuk mendeteksi kegagalan	9
<i>Remote</i>	Sulit untuk mendeteksi kegagalan	8
<i>Very low</i>	Kemungkinan sangat kecil untuk mendeteksi kegagalan	7
<i>Low</i>	Kemungkinan kecil untuk mendeteksi kegagalan	6
<i>Moderate</i>	Kemungkinan sedang untuk mendeteksi kegagalan	5
<i>Moderately high</i>	Kemungkinan cukup tinggi untuk mendeteksi kegagalan	4
<i>High</i>	Kemungkinan pengendalian saat ini dapat mendeteksi kegagalan	3
<i>Very high</i>	Tingginya kemungkinan pengendalian saat ini dapat mendeteksi kegagalan	2
<i>Almost certain</i>	Dipastikan pengendalian saat ini dapat mendeteksi kegagalan	1

Sumber: Paciarotti *et al.* (2014).



## Lampiran 6. Fuzzy Rating untuk Severity

<b>Rating</b>	<b>Tingkat Keparahan Efek</b>	<b>Fuzzy Number</b>
<i>Hazardous without warning</i> (HWOW)	Tingkat keparahan sangat tinggi tanpa adanya peringatan	(9; 10; 10)
<i>Hazardous with warning</i> (HWW)	Tingkat keparahan sangat tinggi dengan adanya peringatan	(8; 9; 10)
<i>Very high</i> (VH)	Sistem tidak dapat beroperasi dengan adanya kegagalan yang bersifat destruktif	(7; 8; 9)
<i>High</i> (H)	Sistem tidak dapat beroperasi dengan adanya kerusakan peralatan	(6; 7; 8)
<i>Moderate</i> (M)	Sistem tidak dapat beroperasi dengan kerusakan kecil	(5; 6; 7)
<i>Low</i> (L)	Sistem tidak dapat beroperasi tanpa adanya kerusakan	(4; 5; 6)
<i>Very low</i> (VL)	Sistem dapat beroperasi dengan adanya degradasi performa yang signifikan	(3; 4; 5)
<i>Minor</i> (MR)	Sistem dapat beroperasi dengan sedikit degradasi performa	(2; 3; 4)
<i>Very minor</i> (VMR)	Sistem dapat beroperasi dengan adanya sedikit gangguan	(1; 2; 3)
<i>None</i> (N)	Tidak ada dampak	(1; 1; 2)

Sumber: Wang *et al.*, (2009).



### Lampiran 7. *Fuzzy Rating* untuk *Occurrence*

<i>Rating</i>	<i>Kemungkinan Kejadian</i>			<i>Fuzzy Number</i>
<i>Very high</i> (VH)	Kegagalan	hampir	tak	(8; 9; 10; 10)
	terelakkan			
<i>High</i> (H)	Kegagalan berulang			(6; 7; 8; 9)
<i>Moderate</i> (M)	Kegagalan terjadi sesekali			(3; 4; 6; 7)
<i>Low</i> (L)	Kegagalan relative sedikit			(1; 2; 3; 4)
<i>Remote</i> (R)	Kegagalan	tidak	mungkin	(1; 1; 2)
	terjadi			

Sumber: Wang *et al.*, (2009).





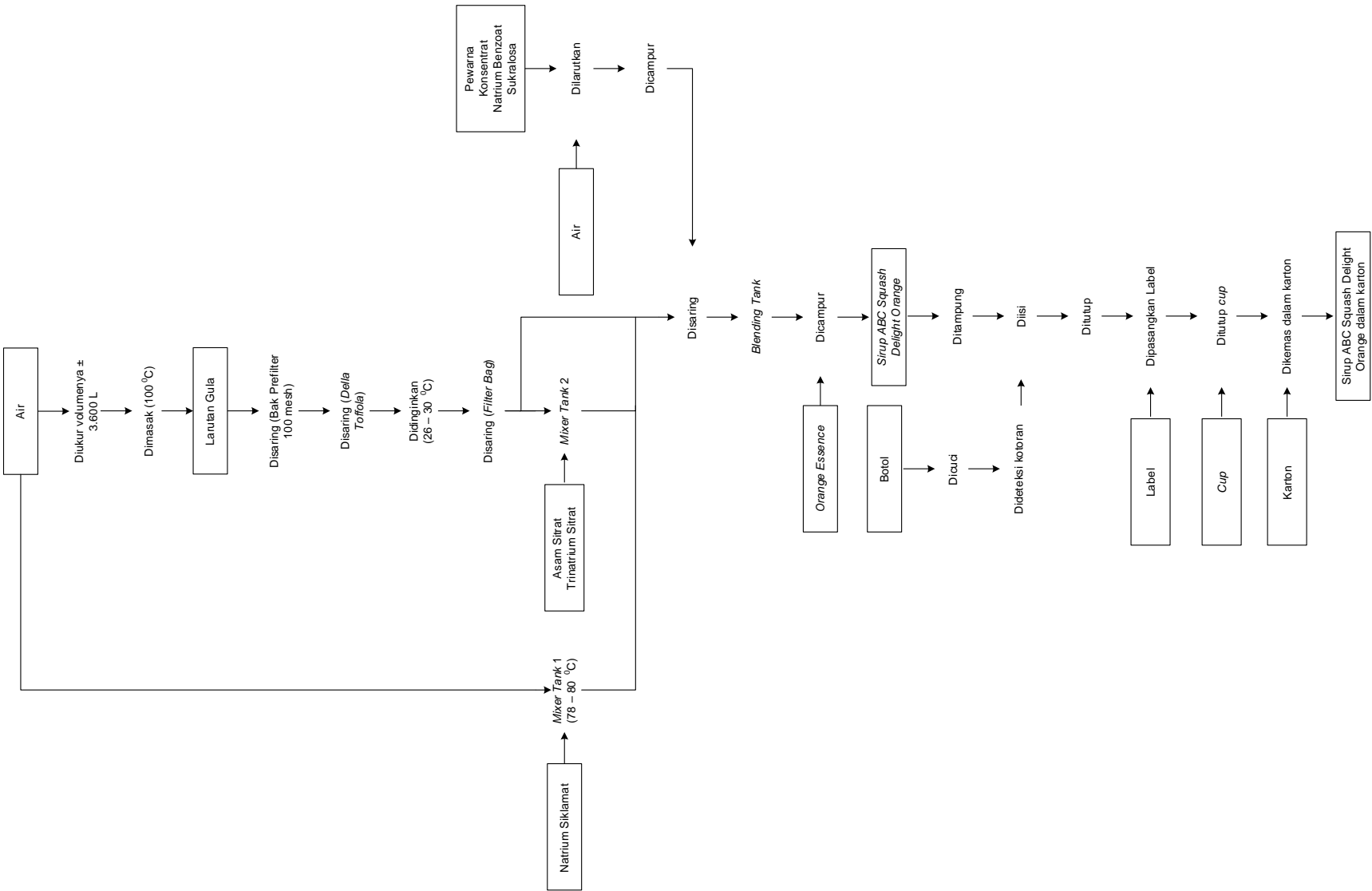
### Lampiran 8. *Fuzzy Rating* untuk *Detection*

<b><i>Rating</i></b>	<b><i>Tingkat Keparahannya Efek</i></b>	<b><i>Fuzzy Number</i></b>
<i>Absolute uncertainty</i> (AU)	Tidak ada kesempatan	(9; 10; 10)
<i>Very remote</i> (VR)	Kesempatan sangat kecil	(8; 9; 10)
<i>Remote</i> (R)	Kesempatan kecil	(7; 8; 9)
<i>Very low</i> (VL)	Kesempatan sangat rendah	(6; 7; 8)
<i>Low</i> (L)	Kesempatan rendah	(5; 6; 7)
<i>Moderate</i> (M)	Kesempatan sedang	(4; 5; 6)
<i>Moderately high</i> (MH)	Kesempatan cukup tinggi	(3; 4; 5)
<i>High</i> (H)	Kesempatan tinggi	(2; 3; 4)
<i>Very high</i> (VH)	Kesempatan sangat tinggi	(1; 2; 3)
<i>Almost certain</i> (AC)	Hampir pasti	(1; 1; 2)

Sumber: Wang *et al.*, (2009).



**Lampiran 9.** Proses Produksi Sirup ABC *Squash Delight Orange*





## Lampiran 10. Data Pengukuran Volume Sirup ABC Squash Delight Orange

Sub grup	Volume (ml)																									X	S
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13	X14	X15	X16	X17	X18	X19	X20	X21	X22	X23	X24	X25		
1	522.30	522.74	528.36	528.45	529.68	526.51	528.09	526.69	527.39	527.92	525.11	527.48	526.69	526.34	524.23	526.43	523.00	528.36	525.29	523.62	525.29	523.44	521.60	522.21	522.83	525.60	2.37
2	523.79	520.54	521.86	522.12	520.90	522.04	522.74	525.81	524.23	519.67	521.77	524.76	528.36	522.83	523.79	525.37	522.48	523.88	527.57	525.55	521.69	523.09	522.83	524.23	523.18	523.40	2.06
3	523.62	525.46	526.78	523.00	522.74	521.42	524.32	523.97	522.91	523.53	521.25	521.95	520.81	519.67	522.04	521.25	522.65	521.33	524.76	520.98	520.90	519.84	524.58	527.39	525.72	522.91	2.08
4	525.29	526.69	523.71	523.62	524.06	523.79	524.93	523.97	524.41	525.20	524.32	522.48	522.12	527.57	526.16	524.67	523.44	526.25	524.06	526.08	526.43	527.04	525.46	527.74	526.43	525.04	1.52
5	524.85	524.23	527.57	526.95	524.23	523.62	524.93	527.66	525.46	523.35	524.50	523.97	525.55	525.20	525.37	525.29	527.57	520.28	527.48	522.48	522.39	523.18	524.41	523.09	524.58	524.73	1.82
6	523.62	523.00	526.69	527.74	527.30	528.09	522.74	526.51	526.69	525.72	526.78	523.35	529.68	525.55	525.64	523.44	522.91	524.93	524.14	526.51	526.78	523.53	527.48	526.78	526.95	525.70	1.90
7	527.22	529.41	527.39	528.53	526.25	523.18	528.62	529.41	528.88	528.36	527.39	526.08	528.36	525.90	528.80	525.90	528.18	525.81	526.25	526.78	524.23	524.76	524.32	524.67	524.14	526.75	1.84
8	527.13	525.81	529.41	528.36	527.92	529.41	529.76	525.46	527.66	527.57	525.99	526.51	523.88	525.90	524.23	523.79	525.90	520.54	523.27	526.51	520.19	522.56	525.02	525.72	526.25	525.79	2.49
9	522.21	523.27	520.72	520.90	525.37	523.44	526.43	523.27	521.77	524.93	524.23	521.86	523.97	525.02	523.79	520.98	524.50	523.18	528.09	524.32	522.91	526.08	524.85	523.53	521.51	523.65	1.83
10	528.45	521.95	523.00	522.48	522.74	523.27	522.48	520.46	520.81	524.06	523.53	521.16	522.56	523.88	522.56	522.83	522.39	525.29	520.63	524.67	527.39	522.30	523.09	524.14	522.48	523.14	1.87
11	525.72	528.01	526.69	524.32	522.91	527.22	528.71	524.76	529.24	523.27	526.43	526.95	526.69	525.37	526.60	527.66	523.18	522.04	524.23	524.32	524.14	522.83	520.90	523.62	522.83	525.14	2.21
12	525.37	523.00	525.11	521.42	519.93	523.53	521.51	525.64	525.46	525.72	524.93	522.83	523.97	524.76	525.29	525.64	524.41	526.60	526.08	526.34	526.51	525.81	524.23	523.79	520.63	524.34	1.87
13	521.95	522.91	522.74	523.71	522.56	521.42	523.35	527.66	523.62	524.32	524.67	524.85	521.86	525.29	525.55	522.48	523.62	523.44	524.85	525.02	525.46	523.44	524.06	525.90	524.14	523.95	1.45
14	523.88	525.90	523.53	524.58	522.74	523.09	525.55	525.81	521.60	521.69	523.00	522.74	524.14	523.27	524.58	520.28	523.97	522.65	525.02	523.09	521.60	523.79	524.41	522.12	522.65	523.43	1.41
15	522.30	523.62	522.56	521.07	525.72	521.86	524.06	524.67	525.02	519.93	520.98	521.25	524.23	524.58	522.91	524.93	523.00	523.44	526.34	524.41	526.78	521.16	524.32	522.91	523.44	523.42	1.76
16	524.93	521.25	520.02	522.21	518.79	526.78	524.76	525.46	523.09	522.48	521.69	524.06	523.97	522.74	523.79	528.01	520.19	521.77	523.35	524.14	523.00	524.58	523.97	519.93	525.37	523.21	2.19
17	527.39	523.62	525.90	525.99	526.60	524.50	522.39	524.67	523.97	524.41	525.11	523.44	524.06	523.27	524.41	522.65	522.48	523.88	522.83	522.39	524.93	522.91	520.81	524.50	523.00	524.00	1.49
18	524.32	528.09	526.69	529.32	528.01	523.53	525.20	528.36	525.90	525.81	527.74	527.30	524.93	520.72	528.27	520.63	521.07	527.48	525.29	522.21	526.51	526.69	527.66	524.41	523.62	525.59	2.51
19	527.83	527.30	525.29	527.83	522.83	526.51	524.41	525.11	523.09	524.14	524.93	523.62	523.53	526.08	524.76	523.35	526.43	521.77	526.51	524.06	527.57	524.41	523.79	522.74	522.83	524.83	1.76
20	525.11	524.76	524.14	524.06	524.32	525.72	524.41	525.37	524.58	524.93	525.81	524.23	524.32	525.81	524.76	522.65	523.62	523.35	522.65	522.91	524.76	522.83	523.53	523.88	524.14	524.27	0.94
21	527.22	525.72	522.21	524.32	526.78	525.46	524.23	524.93	523.53	525.90	524.67	524.85	524.50	524.93	523.79	524.23	521.69	525.90	521.33	521.51	519.23	522.65	520.63	522.30	521.60	523.76	2.03
22	520.37	522.39	521.33	526.16	523.00	524.23	521.69	524.93	521.07	523.88	525.90	520.11	523.53	521.51	524.58	524.67	519.49	520.54	521.86	523.09	523.53	525.02	524.93	522.91	525.99	523.07	1.97
23	524.58	524.32	526.60	524.23	524.76	523.62	523.44	524.93	524.32	521.77	525.37	524.85	523.35	526.34	522.91	522.30	523.88	521.77	525.02	525.81	524.50	524.14	524.76	524.32	522.65	524.18	1.26
24	524.06	524.76	524.14	523.97	522.48	522.83	523.62	522.48	525.72	525.02	520.90	520.54	524.85	524.93	525.55	524.14	526.34	525.64	525.11	526.60	520.28	524.41	524.50	523.44	523.00	523.97	1.68
25	526.60	528.88	526.69	526.08	525.90	525.37	526.43	525.81	526.78	526.87	526.43	527.83	526.60	528.97	532.05	524.41	528.45	528.01	526.34	524.67	527.66	526.16	528.36	526.08	528.27	527.03	1.61
26	526.87	525.29	530.03	527.92	526.69	527.13	526.95	531.17	528.97	528.45	526.95	523.00	522.48	524.85	525.90	527.30	527.22	524.85	526.78	523.35	524.76	526.78	524.85	524.23	526.25	526.36	2.09
27	523.18	526.43	525.29	523.27	523.09	523.00	528.36	524.23	525.20	527.13	524.93	525.37	525.02	523.44	528.36	527.83	525.55	528.80	523.88	525.81	523.35	526.34	525.02	526.16	527.30	525.45	1.79
28	526.34	523.53	526.08	523.71	526.78	524.85	526.51	526.25	523.35	524.93	525.37	526.78	525.64	523.18	523.09	523.62	523.18	522.56	522.65	522.91	524.06	523.35	524.14	524.76	525.99	524.54	1.42
29	525.20	518.88	521.33	523.44	530.82	525.72	524.58	524.50	528.80	527.22	521.51	525.46	525.99	528.45	524.85	528.45	524.67	525.46	525.11	525.64	522.74	523.53	523.97	524.14	523.44	524.96	2.56
30	523.71	524.14	523.97	524.06	525.29	524.23	524.67	526.78	524.58	524.76	525.37	524.32	524.32	522.39	524.50	524.67	523.09	523.18	523.62	521.69	522.83	523.00	523.27	522.91	523.18	523.94	1.08
31	522.83	521.69	525.72	523.35	527.66	526.69	524.76	525.02	524.67	525.29	525.37	526.60	525.99	525.29	529.59	524.58	526.34	527.04	527.30	523.97	525.90	526.43	525.20	525.37	528.27	525.64	1.71
32	526.69	527.22	524.14	523.97	525.11	522.83	524.50	524.14	526.08	526.43	525.29	530.29	530.03	527.83	527.57	527.39	525.90	527.57	526.78	528.36	523.79	524.23	523.53	525.46	528.88	526.16	2.04
33	524.76	522.74	525.11	524.32	523.09	526.25	525.90	527.57	522.48	525.46	525.90	524.32	524.85	522.83	523.27	526.16	523.88	523.27	522.21	523.79	527.57	527.04	525.37	525.81	523.79	524.71	1.58
34	524.50	525.29	523.88	523.53	524.58	524.50	524.14	524.93	526.34	524.23	524.41	523.97	525.90	523.53	525.64	527.30	522.74	525.90	527.57	526.60	523.88	522.56	525.72	522.39	522.48	524.66	1.45
35	523.19.																										

# Lampiran 10. (Lanjutan) Data Pengukuran Volume Sirup ABC *Squash Delight Orange*

Sub grup	Volume (ml)																									X	S	
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13	X14	X15	X16	X17	X18	X19	X20	X21	X22	X23	X24	X25			
40	524.67	526.60	525.46	524.41	526.25	526.25	525.81	523.18	521.51	522.91	525.64	524.76	524.41	522.56	526.08	524.85	524.50	523.18	524.23	521.51	525.64	523.44	521.77	524.23	522.74	524.26	1.53	
41	524.76	526.69	525.90	524.50	522.48	523.53	522.48	526.16	526.51	524.58	523.97	526.08	526.25	524.50	524.93	524.41	524.85	527.57	522.04	525.90	525.46	524.32	528.36	523.79	525.81	525.03	1.55	
42	524.93	525.37	524.14	521.51	524.58	523.53	525.90	522.30	525.90	523.97	522.74	523.97	526.08	524.41	524.76	524.93	527.13	525.46	523.27	529.06	525.02	523.97	523.53	526.78	524.23	524.70	1.61	
43	526.25	526.08	525.11	525.64	523.44	524.67	523.53	525.99	523.18	522.83	523.44	525.46	524.67	525.64	525.02	524.41	525.72	524.85	525.02	523.88	525.20	528.45	523.62	525.81	525.46	524.93	1.24	
44	524.23	526.51	523.79	526.16	525.37	523.44	523.27	525.72	525.37	524.93	522.74	526.78	525.11	525.81	524.41	527.22	526.08	523.97	524.23	527.13	525.90	525.55	525.02	525.64	525.46	525.19	1.20	
45	526.08	525.55	526.51	523.97	525.81	525.90	525.29	526.08	524.93	525.55	523.71	524.50	525.72	526.51	522.74	526.43	523.71	526.60	521.33	525.90	521.86	519.84	524.41	525.72	522.83	524.70	1.80	
46	522.04	522.39	521.69	529.06	525.81	527.13	524.14	522.48	523.09	528.45	524.32	528.09	523.53	519.75	520.37	521.42	523.09	523.79	524.76	526.25	522.65	523.18	523.97	525.90	522.91	524.01	2.43	
47	525.64	523.71	525.11	526.08	523.53	526.69	525.64	523.71	524.50	523.97	522.48	527.83	524.50	526.43	525.02	521.33	524.93	519.93	523.71	522.30	525.29	522.04	524.58	522.12	525.20	524.25	1.82	
48	524.14	524.85	521.60	523.00	524.67	522.39	520.81	523.00	525.02	523.62	523.27	524.85	523.71	521.77	525.99	524.06	523.62	525.02	524.50	524.85	525.20	521.07	524.93	524.67	523.97	523.78	1.38	
49	522.74	522.91	525.29	526.51	523.62	522.30	527.92	525.46	526.51	526.78	523.97	522.65	524.50	526.69	525.11	525.90	524.85	522.65	527.30	524.76	525.46	524.32	524.06	525.02	523.35	524.83	1.58	
50	525.37	522.56	523.97	524.93	524.50	521.42	524.23	522.91	523.44	524.85	522.65	525.37	522.56	523.35	524.76	523.35	525.02	522.83	523.27	525.55	525.90	526.60	524.41	525.46	525.02	524.17	1.28	
51	526.69	525.37	524.41	523.09	523.88	525.37	523.88	525.29	525.81	527.66	526.25	524.58	524.67	524.32	521.60	523.97	525.46	525.90	523.62	523.79	523.88	526.78	523.44	527.57	523.62	524.84	1.46	
52	526.08	525.64	526.16	524.23	525.29	522.83	524.93	523.97	524.50	526.78	527.66	526.60	526.08	524.06	525.29	523.88	523.62	524.14	524.32	525.37	523.79	524.67	524.23	524.76	523.88	524.91	1.16	
53	521.95	525.02	524.93	526.60	522.83	521.60	524.14	523.53	523.35	524.93	522.04	524.32	525.29	524.76	524.41	524.14	524.58	525.72	524.06	527.48	526.08	525.29	528.09	524.23	523.00	524.50	1.59	
54	525.02	525.72	525.29	526.43	524.23	525.81	525.90	523.00	525.37	526.16	523.79	524.32	525.46	525.90	521.42	524.50	525.20	521.42	519.84	525.02	524.93	526.16	524.85	524.41	524.60	1.63		
55	523.79	522.83	522.48	522.74	523.53	525.81	523.00	523.88	526.25	522.83	523.35	525.02	525.29	523.79	523.09	522.56	522.12	524.50	525.64	523.62	523.88	521.42	525.29	523.79	524.32	523.79	1.23	
56	521.42	523.27	519.84	525.37	524.85	524.76	527.30	522.83	524.93	524.32	523.27	525.72	522.12	524.14	525.99	522.65	523.71	525.11	522.74	524.14	525.46	526.51	523.18	523.97	519.14	523.87	1.93	
57	525.90	525.55	527.57	524.76	526.08	527.92	525.29	525.46	523.97	524.50	525.55	524.41	525.02	522.83	525.99	525.81	526.78	525.20	523.79	525.90	523.00	521.86	526.25	524.14	522.48	525.04	1.50	
58	524.93	525.37	523.97	524.93	524.32	524.23	522.91	527.48	526.08	524.41	524.50	522.39	526.25	526.60	524.76	524.14	523.79	524.23	525.90	522.12	526.78	525.29	524.06	531.61	524.85	525.04	1.88	
59	525.02	523.71	525.81	524.85	524.67	526.25	525.02	523.62	527.39	527.66	523.79	523.53	524.50	524.58	525.81	525.72	527.39	523.00	522.04	522.21	525.29	524.50	524.32	523.35	522.83	524.67	1.52	
60	523.44	521.25	526.95	523.35	528.09	524.06	526.78	526.60	524.41	525.90	523.62	526.43	526.60	525.99	527.13	522.12	520.81	523.18	525.11	525.46	524.14	522.91	522.56	520.37	524.85	524.48	2.12	
61	523.71	526.87	525.46	528.36	527.92	524.32	523.97	524.14	524.50	525.90	524.93	526.16	524.41	525.37	523.00	525.90	524.58	523.44	525.81	522.83	524.67	524.41	527.30	523.27	523.88	525.00	1.49	
62	521.60	524.85	523.97	521.69	522.39	523.18	518.96	524.85	524.32	525.29	520.46	523.27	526.43	523.71	521.42	521.86	524.06	523.18	520.02	525.11	529.41	521.07	523.44	525.72	525.72	523.44	2.30	
63	526.43	526.34	521.77	524.14	525.37	527.48	525.11	525.64	525.20	525.55	527.57	523.88	523.71	528.71	528.36	528.53	525.64	526.25	526.43	527.30	525.37	526.69	528.36	526.51	525.20	526.06	1.67	
64	528.53	526.16	527.22	526.78	523.97	526.69	526.95	522.91	524.58	524.32	526.16	523.62	528.45	524.76	526.34	528.80	525.11	525.37	521.69	524.85	526.51	525.02	527.74	527.30	525.72	525.82	1.78	
65	523.44	521.60	523.53	523.00	527.66	523.62	525.46	528.01	524.06	525.02	523.35	523.79	526.08	524.85	523.53	524.23	525.37	526.08	525.37	526.69	527.30	524.23	524.58	524.41	524.80	1.54		
66	528.36	528.27	526.95	526.51	526.51	524.41	522.30	524.06	525.37	520.81	523.44	523.79	524.76	522.39	523.53	523.97	527.04	524.23	524.41	522.30	524.67	522.48	527.48	524.93	526.08	524.76	1.99	
67	524.58	524.85	524.50	524.32	522.12	524.14	523.35	524.50	524.76	524.76	527.83	526.69	520.19	525.72	524.76	523.18	527.13	522.91	528.88	525.72	518.96	525.90	523.71	522.21	523.53	524.37	2.18	
68	521.86	523.88	525.81	526.25	524.67	527.04	523.44	525.02	522.65	521.07	525.20	521.60	525.29	523.18	524.50	527.57	521.25	524.06	523.62	526.87	526.60	526.16	525.81	520.11	527.39	524.44	2.14	
69	523.97	521.69	525.90	522.48	522.12	526.60	524.06	525.46	523.53	524.67	525.99	525.81	524.58	525.37	524.32	525.02	521.77	522.04	523.88	523.00	523.97	523.71	523.44	523.79	522.74	524.00	1.40	
70	523.88	524.41	524.76	519.67	523.44	522.74	524.06	522.12	524.41	523.62	523.27	525.11	522.56	524.50	525.02	525.72	526.25	525.55	525.81	524.93	525.29	523.35	523.71	523.88	527.57	524.22	1.56	
71	524.50	525.55	522.48	521.07	524.32	524.85	525.02	526.69	524.85	522.56	525.29	526.69	524.14	525.46	518.96	520.90	522.12	521.69	520.11	523.09	523.53	520.54	524.67	523.27	521.25	523.34	2.10	
72	520.11	520.98	523.00	519.14	521.07	522.21	525.20	526.34	525.29	523.62	524.93	523.18	525.64	522.48	522.65	524.67	524.32	523.35	523.88	522.21	526.51	523.62	525.55	523.35	524.06	523.49	1.88	
Total																											37766.50	126.30
Rata-rata																											524.53	1.75

## Lampiran 11. Uji Normalitas

### One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		H1	H2	H3	H4	H5
N		200	200	200	200	200
Normal Parameters <sup>a,b</sup>	Mean	524.9912	523.7863	524.2096	525.5101	524.1798
	Std.	2.32969	1.91854	1.86968	2.03758	1.73026
	Deviation					
Most Extreme	Absolute	.047	.035	.060	.052	.050
Differences	Positive	.043	.035	.060	.052	.050
	Negative	-.047	-.033	-.058	-.044	-.041
Kolmogorov-Smirnov Z		.659	.501	.849	.741	.714
Asymp. Sig. (2-tailed)		.778	.963	.467	.642	.688

		H6	H7	H8	H9
N		200	200	200	200
Normal Parameters <sup>a,b</sup>	Mean	524.5755	524.4375	524.9453	524.1788
	Std. Deviation	1.70855	1.53262	1.92905	1.90696
Most Extreme	Absolute	.051	.046	.037	.062
Differences	Positive	.049	.037	.026	.030
	Negative	-.051	-.046	-.037	-.062
Kolmogorov-Smirnov Z		.727	.655	.517	.876
Asymp. Sig. (2-tailed)		.666	.784	.952	.427

a. Test distribution is Normal.

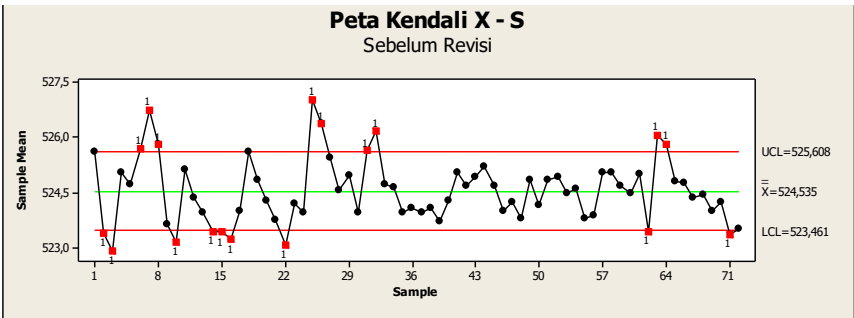
b. Calculated from data.



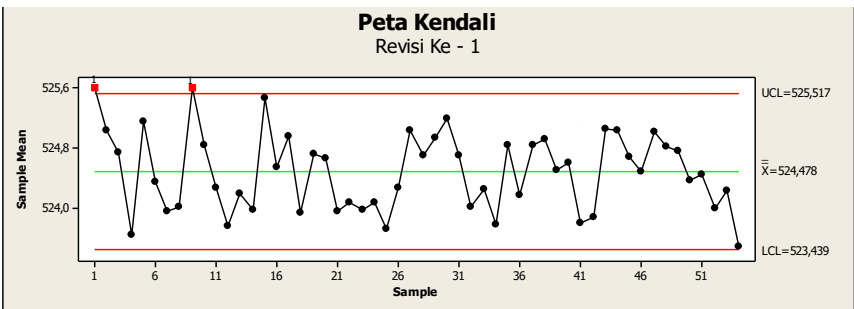


# Lampiran 12. Peta Kendali Proses *Filling*

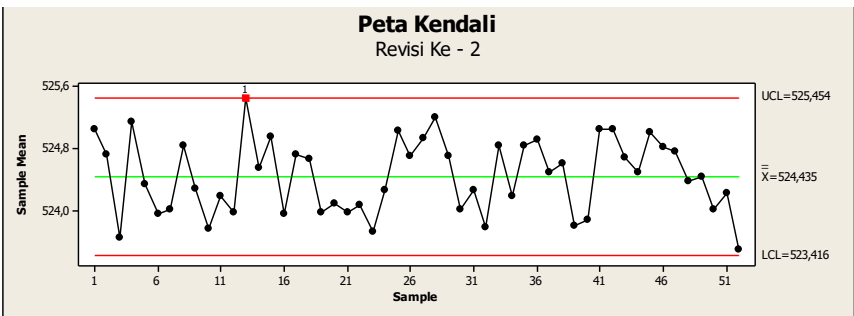
- Sebelum Revisi



- Revisi Ke – 1

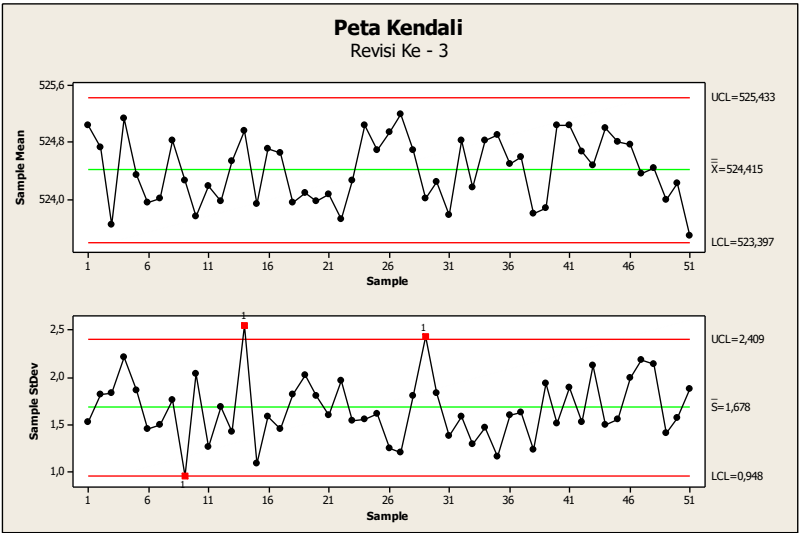


- Revisi Ke – 2

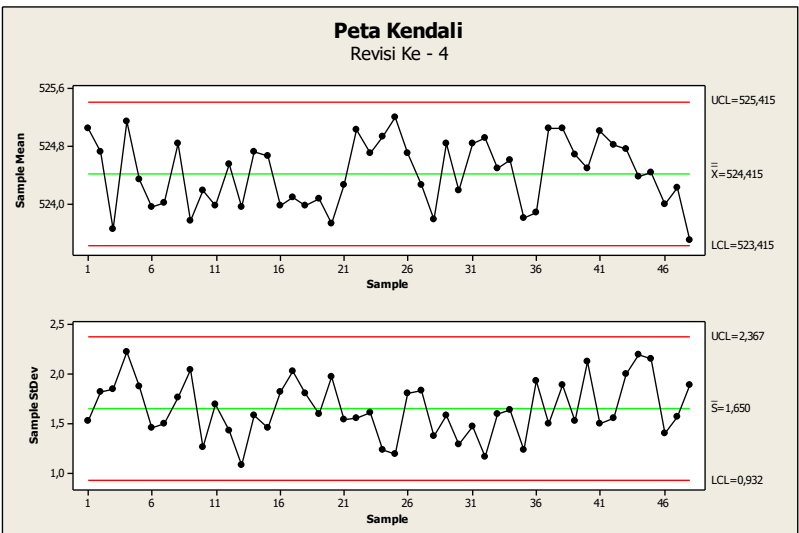


Lampiran 12. (Lanjutan) Peta Kendali Proses *Filling*

- Revisi Ke – 3



- Revisi Ke – 4



### Lampiran 13. Data Pengukuran Volume Sirup ABC *Squash Delight Orange* (Revisi Ke – 1)

Sub grup	Volume (ml)																									X	S
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13	X14	X15	X16	X17	X18	X19	X20	X21	X22	X23	X24	X25		
1	522.30	522.74	528.36	528.45	529.68	526.51	528.09	526.69	527.39	527.92	525.11	527.48	526.69	526.34	524.23	526.43	523.00	528.36	525.29	523.62	525.29	523.44	521.60	522.21	522.83	525.60	2.37
4	525.29	526.69	523.71	523.62	524.06	523.79	524.93	523.97	524.41	525.20	524.32	522.48	522.12	527.57	526.16	524.67	523.44	526.25	524.06	526.08	526.43	527.04	525.46	527.74	526.43	525.04	1.52
5	524.85	524.23	527.57	526.95	524.23	523.62	524.93	527.66	525.46	523.35	524.50	523.97	525.55	525.20	525.37	525.29	527.57	520.28	527.48	522.48	522.39	523.18	524.41	523.09	524.58	524.73	1.82
9	522.21	523.27	520.72	520.90	525.37	523.44	526.43	523.27	521.77	524.93	524.23	521.86	523.97	525.02	523.79	520.98	524.50	523.18	528.09	524.32	522.91	526.08	524.85	523.53	521.51	523.65	1.83
11	525.72	528.01	526.69	524.32	522.91	527.22	528.71	524.76	529.24	523.27	526.43	526.95	526.69	525.37	526.60	527.66	523.18	522.04	524.23	524.32	524.14	522.83	520.90	523.62	522.83	525.14	2.21
12	525.37	523.00	525.11	521.42	519.93	523.53	521.51	525.64	525.46	525.72	524.93	522.83	523.97	524.76	525.29	525.64	524.41	526.60	526.08	526.34	526.51	525.81	524.23	523.79	520.63	524.34	1.87
13	521.95	522.91	522.74	523.71	522.56	521.42	523.35	527.66	523.62	524.32	524.67	524.85	521.86	525.29	525.55	522.48	523.62	523.44	524.85	525.02	525.46	523.44	524.06	525.90	524.14	523.95	1.45
17	527.39	523.62	525.90	525.99	526.60	524.50	522.39	524.67	523.97	524.41	525.11	523.44	524.06	523.27	524.41	522.65	522.48	523.88	522.83	522.39	524.93	522.91	520.81	524.50	523.00	524.00	1.49
18	524.32	528.09	526.69	529.32	528.01	523.53	525.20	528.36	525.90	525.81	527.74	527.30	524.93	520.72	528.27	520.63	521.07	527.48	525.29	522.21	526.51	526.69	527.66	524.41	523.62	525.59	2.51
19	527.83	527.30	525.29	527.83	522.83	526.51	524.41	525.11	523.09	524.14	524.93	523.62	523.53	526.08	524.76	523.35	526.43	521.77	526.51	524.06	527.57	524.41	523.79	522.74	522.83	524.83	1.76
20	525.11	524.76	524.14	524.06	524.32	525.72	524.41	525.37	524.58	524.93	525.81	524.23	524.32	525.81	524.76	522.65	523.62	523.35	522.65	522.91	524.76	522.83	523.53	522.88	524.14	524.27	0.94
21	527.22	525.72	522.21	524.32	526.78	525.46	524.23	524.93	523.53	525.90	524.67	524.85	524.50	524.93	523.79	524.23	521.69	525.90	521.33	521.51	519.23	522.65	520.63	522.30	521.60	523.76	2.03
23	524.58	524.32	526.60	524.23	524.76	523.62	523.44	524.93	524.32	521.77	525.37	524.85	523.35	526.34	522.91	522.30	523.88	521.77	525.02	525.81	524.50	524.14	524.76	524.32	522.65	524.18	1.26
24	524.06	524.76	524.14	523.97	522.48	522.83	523.62	522.48	525.72	525.02	520.90	520.54	524.85	524.93	525.55	524.14	526.34	525.64	525.11	526.60	520.28	524.41	524.50	523.44	523.00	523.97	1.68
27	523.18	526.43	525.29	523.27	523.09	523.00	528.36	524.23	525.20	527.13	524.93	525.37	525.02	523.44	528.36	527.83	525.55	528.80	523.88	525.81	523.35	526.34	525.02	526.16	527.30	525.45	1.79
28	526.34	523.53	526.08	523.71	526.78	524.85	526.51	526.25	523.35	524.93	525.37	526.78	525.64	523.18	523.09	523.62	523.18	522.56	522.65	522.91	524.06	523.35	524.14	524.76	525.99	524.54	1.42
29	525.20	518.88	521.33	523.44	530.82	525.72	524.58	524.50	528.80	527.22	521.51	525.46	525.99	528.45	524.85	528.45	524.67	525.46	525.11	525.64	522.74	523.53	523.97	524.14	523.44	524.96	2.56
30	523.71	524.14	523.97	524.06	525.29	524.23	524.67	526.78	524.58	524.76	525.37	524.32	524.32	522.39	524.50	524.67	523.09	523.18	523.62	521.69	522.83	523.00	523.27	522.91	523.18	523.94	1.08
33	524.76	522.74	525.11	524.32	523.09	526.25	525.90	527.57	522.48	525.46	525.90	524.32	524.85	522.83	523.27	526.16	523.88	523.27	522.21	523.79	527.57	527.04	525.37	525.81	523.79	524.71	1.58
34	524.50	525.29	523.88	523.53	524.58	524.50	524.14	524.93	526.34	524.23	524.41	523.97	525.90	523.53	525.64	527.30	522.74	525.90	527.57	526.60	523.88	522.56	525.72	522.39	522.48	524.66	1.45
35	523.18	522.04	525.99	524.32	521.25	522.04	524.85	523.88	525.37	524.58	523.18	524.14	523.53	524.50	522.12	524.32	522.21	521.60	526.78	526.08	525.64	528.45	522.74	521.60	524.67	523.96	1.81
36	525.81	524.41	521.16	522.83	525.29	523.97	523.18	525.99	523.62	524.06	525.37	519.49	521.60	526.34	527.66	523.35	522.12	526.95	526.16	525.11	523.62	525.55	524.93	521.77	521.69	524.08	2.02
37	524.85	524.14	527.04	523.44	522.30	522.91	527.74	526.60	526.69	524.58	523.00	523.62	522.48	523.62	522.39	524.41	521.60	524.76	522.74	523.00	520.63	523.27	523.09	526.69	523.71	523.97	1.80
38	523.79	522.48	522.56	523.18	524.41	523.27	527.57	524.23	525.72	523.27	524.32	523.71	522.65	523.79	523.00	525.81	523.09	528.45	524.41	525.37	523.88	525.46	522.56	522.65	522.04	524.07	1.59
39	524.14	526.25	525.99	524.93	525.20	527.57	526.51	521.33	522.91	523.09	520.37	521.86	522.48	523.53	523.27	523.35	525.81	520.63	521.95	521.42	524.85	521.95	525.37	524.76	523.53	523.72	1.96
40	524.67	526.60	525.46	524.41	526.25	526.25	525.81	523.18	521.51	522.91	525.64	524.76	524.41	522.56	526.08	524.85	524.50	523.18	524.23	521.51	525.64	523.44	521.77	524.23	522.74	524.26	1.53
41	524.76	526.69	525.90	524.50	522.48	523.53	522.48	526.16	526.51	524.58	523.97	526.08	526.25	524.50	524.93	524.41	524.85	527.57	522.04	525.90	525.46	524.32	528.36	523.79	525.81	525.03	1.55
42	524.93	525.37	524.14	521.51	524.58	523.53	525.90	522.30	525.90	523.97	522.74	523.97	526.08	524.41	524.76	524.93	527.13	525.46	523.27	529.06	525.02	523.97	523.53	526.78	524.23	524.70	1.61
43	526.25	526.08	525.11	525.64	523.44	524.67	523.53	525.99	523.18	522.83	523.44	525.46	524.67	525.64	525.02	524.41	525.72	524.85	525.02	523.88	525.20	528.45	523.62	525.81	525.46	524.93	1.24
44	524.23	526.51	523.79	526.16	525.37	523.44	523.27	525.72	525.37	524.93	522.74	526.78	525.11	525.81	524.41	527.22	526.08	523.97	524.23	527.13	525.90	525.55	525.02	525.64	525.46	525.19	1.20
45	526.08	525.55	526.51	523.97	525.81	525.90	525.29	526.08	524.93	525.55	523.71	524.50	525.72	526.51	522.74	526.43	523.71	526.60	521.33	525.90	521.86	519.84	524.41	525.72	522.83	524.70	1.80
46	522.04	522.39	521.69	529.06	525.81	527.13	524.14	522.48	523.09	528.45	524.32	528.09	523.53	519.75	520.37	521.42	523.09	523.79	524.76	526.25	522.65	523.18	523.97	525.90	522.91	524.01	2.43
47	525.64	523.71	525.11	526.08	523.53	526.69	525.64	523.71	524.50	523.97	522.48	527.83	524.50	526.43	525.02	521.33	524.93	519.93	523.71	522.30	525.29	522.04	524.58	522.12	525.20	524.25	1.82
48	524.14	524.85	521.60	523.00	524.67	522.39	520.81	523.00	525.02	523.62	523.27	524.85	523.71	521.77	525.99	524.06	523.62	525.02	524.50	524.85	525.20	521.07	524.93	524.67	523.97	523.78	1.38
49	522.74	522.91	525.29	526.51	523.62	522.30	527.92	525.46	526.51	526.78	523.97	522.65	5														

**Lampiran 13.** (Lanjutan) Data Pengukuran Volume Sirup ABC *Squash Delight Orange* (Revisi Ke – 1)

Sub grup	Volume (ml)																									X	S
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13	X14	X15	X16	X17	X18	X19	X20	X21	X22	X23	X24	X25		
54	525.02	525.72	525.29	526.43	524.23	525.81	525.90	523.00	525.37	526.16	523.79	524.32	525.46	525.90	521.42	524.50	525.20	521.42	519.84	525.02	524.93	526.16	524.85	524.85	524.41	524.60	1.63
55	523.79	522.83	522.48	522.74	523.53	525.81	523.00	523.88	526.25	522.83	523.35	525.02	525.29	523.79	523.09	522.56	522.12	524.50	525.64	523.62	523.88	521.42	525.29	523.79	524.32	523.79	1.23
56	521.42	523.27	519.84	525.37	524.85	524.76	527.30	522.83	524.93	524.32	523.27	525.72	522.12	524.14	525.99	522.65	523.71	525.11	522.74	524.14	525.46	526.51	523.18	523.97	519.14	523.87	1.93
57	525.90	525.55	527.57	524.76	526.08	527.92	525.29	525.46	523.97	524.50	525.55	524.41	525.02	522.83	525.99	525.81	526.78	525.20	523.79	525.90	523.00	521.86	526.25	524.14	522.48	525.04	1.50
58	524.93	525.37	523.97	524.93	524.32	524.23	522.91	527.48	526.08	524.41	524.50	522.39	526.25	526.60	524.76	524.14	523.79	524.23	525.90	522.12	526.78	525.29	524.06	531.61	524.85	525.04	1.88
59	525.02	523.71	525.81	524.85	524.67	526.25	525.02	523.62	527.39	527.66	523.79	523.53	524.50	524.58	525.81	525.72	527.39	523.00	522.04	522.21	525.29	524.50	524.32	523.35	522.83	524.67	1.52
60	523.44	521.25	526.95	523.35	528.09	524.06	526.78	526.60	524.41	525.90	523.62	526.43	526.60	525.99	527.13	522.12	520.81	523.18	525.11	525.46	524.14	522.91	522.56	520.37	524.85	524.48	2.12
61	523.71	526.87	525.46	528.36	527.92	524.32	523.97	524.14	524.50	525.90	524.93	526.16	524.41	525.37	523.00	525.90	524.58	523.44	525.81	522.83	524.67	524.41	527.30	523.27	523.88	525.00	1.49
65	523.44	521.60	523.53	523.00	527.66	523.62	525.46	528.01	524.06	525.02	523.35	523.79	526.08	524.85	524.85	523.53	524.23	525.37	526.08	525.37	526.69	527.30	524.23	524.58	524.41	524.80	1.54
66	528.36	528.27	526.95	526.51	526.51	524.41	522.30	524.06	525.37	520.81	523.44	523.79	524.76	522.39	523.53	523.97	527.04	524.23	524.41	522.30	524.67	522.48	527.48	524.93	526.08	524.76	1.99
67	524.58	524.85	524.50	524.32	522.12	524.14	523.35	524.50	524.76	524.76	527.83	526.69	520.19	525.72	524.76	523.18	527.13	522.91	528.88	525.72	518.96	525.90	523.71	522.21	523.53	524.37	2.18
68	521.86	523.88	525.81	526.25	524.67	527.04	523.44	525.02	522.65	521.07	525.20	521.60	525.29	523.18	524.50	527.57	521.25	524.06	523.62	526.87	526.60	526.16	525.81	520.11	527.39	524.44	2.14
69	523.97	521.69	525.90	522.48	522.12	526.60	524.06	525.46	523.53	524.67	525.99	525.81	524.58	525.37	524.32	525.02	521.77	522.04	523.88	523.00	523.97	523.71	523.44	523.79	522.74	524.00	1.40
70	523.88	524.41	524.76	519.67	523.44	522.74	524.06	522.12	524.41	523.62	523.27	525.11	522.56	524.50	525.02	525.72	526.25	525.55	525.81	524.93	525.29	523.35	523.71	523.88	527.57	524.22	1.56
72	520.11	520.98	523.00	519.14	521.07	522.21	525.20	526.34	525.29	523.62	524.93	523.18	525.64	522.48	522.65	524.67	524.32	523.35	523.88	522.21	526.51	523.62	525.55	523.35	524.06	523.49	1.88
Total																									28321.82		91.44
Rata-rata																									524.48		1.69

**Lampiran 13. (Lanjutan) Data Pengukuran Volume Sirup ABC *Squash Delight Orange* (Revisi Ke – 2)**

Sub grup	Volume (ml)																									X	S
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13	X14	X15	X16	X17	X18	X19	X20	X21	X22	X23	X24	X25		
4	525.29	526.69	523.71	523.62	524.06	523.79	524.93	523.97	524.41	525.20	524.32	522.48	522.12	527.57	526.16	524.67	523.44	526.25	524.06	526.08	526.43	527.04	525.46	527.74	526.43	525.04	1.52
5	524.85	524.23	527.57	526.95	524.23	523.62	524.93	527.66	525.46	523.35	524.50	523.97	525.55	525.20	525.37	525.29	527.57	520.28	527.48	522.48	522.39	523.18	524.41	523.09	524.58	524.73	1.82
9	522.21	523.27	520.72	520.90	525.37	523.44	526.43	523.27	521.77	524.93	524.23	521.86	523.97	525.02	523.79	520.98	524.50	523.18	528.09	524.32	522.91	526.08	524.85	523.53	521.51	523.65	1.83
11	525.72	528.01	526.69	524.32	522.91	527.22	528.71	524.76	529.24	523.27	526.43	526.95	526.69	525.37	526.60	527.66	523.18	522.04	524.23	524.32	524.14	522.83	520.90	523.62	522.83	525.14	2.21
12	525.37	523.00	525.11	521.42	519.93	523.53	521.51	525.64	525.46	525.72	524.93	522.83	523.97	524.76	525.29	525.64	524.41	526.60	526.08	526.34	526.51	525.81	524.23	523.79	520.63	524.34	1.87
13	521.95	522.91	522.74	523.71	522.56	521.42	523.35	527.66	523.62	524.32	524.67	524.85	521.86	525.29	525.55	522.48	523.62	523.44	524.85	525.02	525.46	523.44	524.06	525.90	524.14	523.95	1.45
17	527.39	523.62	525.90	525.99	526.60	524.50	522.39	524.67	523.97	524.41	525.11	523.44	524.06	523.27	524.41	522.65	522.48	523.88	522.83	522.39	524.93	522.91	520.81	524.50	523.00	524.00	1.49
19	527.83	527.30	525.29	527.83	522.83	526.51	524.41	525.11	523.09	524.14	524.93	523.62	523.53	526.08	524.76	523.35	526.43	521.77	526.51	524.06	527.57	524.41	523.79	522.74	522.83	524.83	1.76
20	525.11	524.76	524.14	524.06	524.32	525.72	524.41	525.37	524.58	524.93	525.81	524.23	524.32	525.81	524.76	522.65	523.62	523.35	522.65	522.91	524.76	522.83	523.53	523.88	524.14	524.27	0.94
21	527.22	525.72	522.21	524.32	526.78	525.46	524.23	524.93	523.53	525.90	524.67	524.85	524.50	524.93	523.79	524.23	521.69	525.90	521.33	521.51	519.23	522.65	520.63	522.30	521.60	523.76	2.03
23	524.58	524.32	526.60	524.23	524.76	523.62	523.44	524.93	524.32	521.77	525.37	524.85	523.35	526.34	522.91	522.30	523.88	521.77	525.02	525.81	524.50	524.14	524.76	524.32	522.65	524.18	1.26
24	524.06	524.76	524.14	523.97	522.48	522.83	523.62	522.48	525.72	525.02	520.90	520.54	524.85	524.93	525.55	524.14	526.34	525.64	525.11	526.60	520.28	524.41	524.50	523.44	523.00	523.97	1.68
27	523.18	526.43	525.29	523.27	523.09	523.00	528.36	524.23	525.20	527.13	524.93	525.37	525.02	523.44	528.36	527.83	525.55	528.80	523.88	525.81	523.35	526.34	525.02	526.16	527.30	525.45	1.79
28	526.34	523.53	526.08	523.71	526.78	524.85	526.51	526.25	523.35	524.93	525.37	526.78	525.64	523.18	523.09	523.62	523.18	522.56	522.65	522.91	524.06	523.35	524.14	524.76	525.99	524.54	1.42
29	525.20	518.88	521.33	523.44	530.82	525.72	524.58	524.50	528.80	527.22	521.51	525.46	525.99	528.45	524.85	528.45	524.67	525.46	525.11	525.64	522.74	523.53	523.97	524.14	523.44	524.96	2.56
30	523.71	524.14	523.97	524.06	525.29	524.23	524.67	526.78	524.58	524.76	525.37	524.32	524.32	522.39	524.50	524.67	523.09	523.18	523.62	521.69	522.83	523.00	523.27	522.91	523.18	523.94	1.08
33	524.76	522.74	525.11	524.32	523.09	526.25	525.90	527.57	522.48	525.46	525.90	524.32	524.85	522.83	523.27	526.16	523.88	523.27	522.21	523.79	527.57	527.04	525.37	525.81	523.79	524.71	1.58
34	524.50	525.29	523.88	523.53	524.58	524.50	524.14	524.93	526.34	524.23	524.41	523.97	525.90	523.53	525.64	527.30	522.74	525.90	527.57	526.60	523.88	522.56	525.72	522.39	522.48	524.66	1.45
35	523.18	522.04	525.99	524.32	521.25	522.04	524.85	523.88	525.37	524.58	523.18	524.14	523.53	524.50	522.12	524.32	522.21	521.60	526.78	526.08	525.64	528.45	522.74	521.60	524.67	523.96	1.81
36	525.81	524.41	521.16	522.83	525.29	523.97	523.18	525.99	523.62	524.06	525.37	519.49	521.60	526.34	527.66	523.35	522.12	526.95	526.16	525.11	523.62	525.55	524.93	521.77	521.69	524.08	2.02
37	524.85	524.14	527.04	523.44	522.30	522.91	527.74	526.60	526.69	524.58	523.00	523.62	522.48	523.62	522.39	524.41	521.60	524.76	522.74	523.00	520.63	523.27	523.09	526.69	523.71	523.97	1.80
38	523.79	522.48	522.56	523.18	524.41	523.27	527.57	524.23	525.72	523.27	524.32	523.71	522.65	523.79	523.00	525.81	523.09	528.45	524.41	525.37	523.88	525.46	522.56	522.65	522.04	524.07	1.59
39	524.14	526.25	525.99	524.93	525.20	527.57	526.51	521.33	522.91	523.09	520.37	521.86	522.48	523.53	523.27	523.35	525.81	520.63	521.95	521.42	524.85	521.95	525.37	524.76	523.53	523.72	1.96
40	524.67	526.60	525.46	524.41	526.25	526.25	525.81	523.18	521.51	522.91	525.64	524.76	524.41	522.56	526.08	524.85	524.50	523.18	524.23	521.51	525.64	523.44	521.77	524.23	522.74	524.26	1.53
41	524.76	526.69	525.90	524.50	522.48	523.53	522.48	526.16	526.51	524.58	523.97	526.08	526.25	524.50	524.93	524.41	524.85	527.57	522.04	525.90	525.46	524.32	528.36	523.79	525.81	525.03	1.55
42	524.93	525.37	524.14	521.51	524.58	523.53	525.90	522.30	525.90	523.97	522.74	523.97	526.08	524.41	524.76	524.93	527.13	525.46	523.27	529.06	525.02	523.97	523.53	526.78	524.23	524.70	1.61
43	526.25	526.08	525.11	525.64	523.44	524.67	523.53	525.99	523.18	522.83	523.44	525.46	524.67	525.64	525.02	524.41	525.72	524.85	525.02	523.88	525.20	528.45	523.62	525.81	525.46	524.93	1.24
44	524.23	526.51	523.79	526.16	525.37	523.44	523.27	525.72	525.37	524.93	522.74	526.78	525.11	525.81	524.41	527.22	526.08	523.97	524.23	527.13	525.90	525.55	525.02	525.64	525.46	525.19	1.20
45	526.08	525.55	526.51	523.97	525.81	525.90	525.29	526.08	524.93	525.55	523.71	524.50	525.72	526.51	522.74	526.43	523.71	526.60	521.33	525.90	521.86	519.84	524.41	525.72	522.83	524.70	1.80
46	522.04	522.39	521.69	529.06	525.81	527.13	524.14	522.48	523.09	528.45	524.32	528.09	523.53	519.75	520.37	521.42	523.09	523.79	524.76	526.25	522.65	523.18	523.97	525.90	522.91	524.01	2.43
47	525.64	523.71	525.11	526.08	523.53	526.69	525.64	523.71	524.50	523.97	522.48	527.83	524.50	526.43	525.02	521.33	524.93	519.93	523.71	522.30	525.29	522.04	524.58	522.12	525.20	524.25	1.82
48	524.14	524.85	521.60	523.00	524.67	522.39	520.81	523.00	525.02	523.62	523.27	524.85	523.71	521.77	525.99	524.06	523.62	525.02	524.50	524.85	525.20	521.07	524.93	524.67	523.97	523.78	1.38
49	522.74	522.91	525.29	526.51	523.62	522.30	527.92	525.46	526.51	526.78	523.97	522.65	524.50	526.69	525.11	525.90	524.85	522.65	527.30	524.76	525.46	524.32	524.06	525.02	523.35	524.83	1.58
50	525.37	522.56	523.97	524.93	524.50	521.42	524.23	522.91	523.44	524.85	522.65	525.37	522.56	523.35	524.76	523.35	525.02	522.83	523.27	525.55	525.90	526.60	524.41	525.46	525.02	524.17	1.28
51	526.69	525.37	524.41	523.09	523.88	525.37	523.88	525.29	525.81	527.66	526.25	524.58	524.67	524.32	521.60	523.97	525.46	525.90	523.62	523.79	523.88	526.78	523.44	527.57	523.62	524.84	1.46

**Lampiran 13.** (Lanjutan) Data Pengukuran Volume Sirup ABC *Squash Delight Orange* (Revisi Ke – 2)

Sub grup	Volume (ml)																									X	S
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13	X14	X15	X16	X17	X18	X19	X20	X21	X22	X23	X24	X25		
52	526.08	525.64	526.16	524.23	525.29	522.83	524.93	523.97	524.50	526.78	527.66	526.60	526.08	524.06	525.29	523.88	523.62	524.14	524.32	525.37	523.79	524.67	524.23	524.76	523.88	524.91	1.16
53	521.95	525.02	524.93	526.60	522.83	521.60	524.14	523.53	523.35	524.93	522.04	524.32	525.29	524.76	524.41	524.14	524.58	525.72	524.06	527.48	526.08	525.29	528.09	524.23	523.00	524.50	1.59
54	525.02	525.72	525.29	526.43	524.23	525.81	525.90	523.00	525.37	526.16	523.79	524.32	525.46	525.90	521.42	524.50	525.20	521.42	519.84	525.02	524.93	526.16	524.85	524.85	524.41	524.60	1.63
55	523.79	522.83	522.48	522.74	523.53	525.81	523.00	523.88	526.25	522.83	523.35	525.02	525.29	523.79	523.09	522.56	522.12	524.50	525.64	523.62	523.88	521.42	525.29	523.79	524.32	523.79	1.23
56	521.42	523.27	519.84	525.37	524.85	524.76	527.30	522.83	524.93	524.32	523.27	525.72	522.12	524.14	525.99	522.65	523.71	525.11	522.74	524.14	525.46	526.51	523.18	523.97	519.14	523.87	1.93
57	525.90	525.55	527.57	524.76	526.08	527.92	525.29	525.46	523.97	524.50	525.55	524.41	525.02	522.83	525.99	525.81	526.78	525.20	523.79	525.90	523.00	521.86	526.25	524.14	522.48	525.04	1.50
58	524.93	525.37	523.97	524.93	524.32	524.23	522.91	527.48	526.08	524.41	524.50	522.39	526.25	526.60	524.76	524.14	523.79	524.23	525.90	522.12	526.78	525.29	524.06	531.61	524.85	525.04	1.88
59	525.02	523.71	525.81	524.85	524.67	526.25	525.02	523.62	527.39	527.66	523.79	523.53	524.50	524.58	525.81	525.72	527.39	523.00	522.04	522.21	525.29	524.50	524.32	523.35	522.83	524.67	1.52
60	523.44	521.25	526.95	523.35	528.09	524.06	526.78	526.60	524.41	525.90	523.62	526.43	526.60	525.99	527.13	522.12	520.81	523.18	525.11	525.46	524.14	522.91	522.56	520.37	524.85	524.48	2.12
61	523.71	526.87	525.46	528.36	527.92	524.32	523.97	524.14	524.50	525.90	524.93	526.16	524.41	525.37	523.00	525.90	524.58	523.44	525.81	522.83	524.67	524.41	527.30	523.27	523.88	525.00	1.49
65	523.44	521.60	523.53	523.00	527.66	523.62	525.46	528.01	524.06	525.02	523.35	523.79	526.08	524.85	524.85	523.53	524.23	525.37	526.08	525.37	526.69	527.30	524.23	524.58	524.41	524.80	1.54
66	528.36	528.27	526.95	526.51	526.51	524.41	522.30	524.06	525.37	520.81	523.44	523.79	524.76	522.39	523.53	523.97	527.04	524.23	524.41	522.30	524.67	522.48	527.48	524.93	526.08	524.76	1.99
67	524.58	524.85	524.50	524.32	522.12	524.14	523.35	524.50	524.76	524.76	527.83	526.69	520.19	525.72	524.76	523.18	527.13	522.91	528.88	525.72	518.96	525.90	523.71	522.21	523.53	524.37	2.18
68	521.86	523.88	525.81	526.25	524.67	527.04	523.44	525.02	522.65	521.07	525.20	521.60	525.29	523.18	524.50	527.57	521.25	524.06	523.62	526.87	526.60	526.16	525.81	520.11	527.39	524.44	2.14
69	523.97	521.69	525.90	522.48	522.12	526.60	524.06	525.46	523.53	524.67	525.99	525.81	524.58	525.37	524.32	525.02	521.77	522.04	523.88	523.00	523.97	523.71	523.44	523.79	522.74	524.00	1.40
70	523.88	524.41	524.76	519.67	523.44	522.74	524.06	522.12	524.41	523.62	523.27	525.11	522.56	524.50	525.02	525.72	526.25	525.55	525.81	524.93	525.29	523.35	523.71	523.88	527.57	524.22	1.56
72	520.11	520.98	523.00	519.14	521.07	522.21	525.20	526.34	525.29	523.62	524.93	523.18	525.64	522.48	522.65	524.67	524.32	523.35	523.88	522.21	526.51	523.62	525.55	523.35	524.06	523.49	1.88
Total																											86.55
Rata-rata																											1.66

**Lampiran 13. (Lanjutan) Data Pengukuran Volume Sirup ABC *Squash Delight Orange* (Revisi Ke – 3)**

Sub grup	Volume (ml)																									X	S
4	525.29	526.69	523.71	523.62	524.06	523.79	524.93	523.97	524.41	525.20	524.32	522.48	522.12	527.57	526.16	524.67	523.44	526.25	524.06	526.08	526.43	527.04	525.46	527.74	526.43	525.04	1.52
5	524.85	524.23	527.57	526.95	524.23	523.62	524.93	527.66	525.46	523.35	524.50	523.97	525.55	525.20	525.37	525.29	527.57	520.28	527.48	522.48	522.39	523.18	524.41	523.09	524.58	524.73	1.82
9	522.21	523.27	520.72	520.90	525.37	523.44	526.43	523.27	521.77	524.93	524.23	521.86	523.97	525.02	523.79	520.98	524.50	523.18	528.09	524.32	522.91	526.08	524.85	523.53	521.51	523.65	1.83
11	525.72	528.01	526.69	524.32	522.91	527.22	528.71	524.76	529.24	523.27	526.43	526.95	526.69	525.37	526.60	527.66	523.18	522.04	524.23	524.32	524.14	522.83	520.90	523.62	522.83	525.14	2.21
12	525.37	523.00	525.11	521.42	519.93	523.53	521.51	525.64	525.46	525.72	524.93	522.83	523.97	524.76	525.29	525.64	524.41	526.60	526.08	526.34	526.51	525.81	524.23	523.79	520.63	524.34	1.87
13	521.95	522.91	522.74	523.71	522.56	521.42	523.35	527.66	523.62	524.32	524.67	524.85	521.86	525.29	525.55	522.48	523.62	523.44	524.85	525.02	525.46	523.44	524.06	525.90	524.14	523.95	1.45
17	527.39	523.62	525.90	525.99	526.60	524.50	522.39	524.67	523.97	524.41	525.11	523.44	524.06	523.27	524.41	522.65	522.48	523.88	522.83	522.39	524.93	522.91	520.81	524.50	523.00	524.00	1.49
19	527.83	527.30	525.29	527.83	522.83	526.51	524.41	525.11	523.09	524.14	524.93	523.62	523.53	526.08	524.76	523.35	526.43	521.77	526.51	524.06	527.57	524.41	523.79	522.74	522.83	524.83	1.76
20	525.11	524.76	524.14	524.06	524.32	525.72	524.41	525.37	524.58	524.93	525.81	524.23	524.32	525.81	524.76	522.65	523.62	523.35	522.65	522.91	524.76	522.83	523.53	523.88	524.14	524.27	0.94
21	527.22	525.72	522.21	524.32	526.78	525.46	524.23	524.93	523.53	525.90	524.67	524.85	524.50	524.93	523.79	524.23	521.69	525.90	521.33	521.51	519.23	522.65	520.63	522.30	521.60	523.76	2.03
23	524.58	524.32	526.60	524.23	524.76	523.62	523.44	524.93	524.32	521.77	525.37	524.85	523.35	526.34	522.91	522.30	523.88	521.77	525.02	525.81	524.50	524.14	524.76	524.32	522.65	524.18	1.26
24	524.06	524.76	524.14	523.97	522.48	522.83	523.62	522.48	525.72	525.02	520.90	520.54	524.85	524.93	525.55	524.14	526.34	525.64	525.11	526.60	520.28	524.41	524.50	523.44	523.00	523.97	1.68
28	526.34	523.53	526.08	523.71	526.78	524.85	526.51	526.25	523.35	524.93	525.37	526.78	525.64	523.18	523.09	523.62	523.18	522.56	522.65	522.91	524.06	523.35	524.14	524.76	525.99	524.54	1.42
29	525.20	518.88	521.33	523.44	530.82	525.72	524.58	524.50	528.80	527.22	521.51	525.46	525.99	528.45	524.85	528.45	524.67	525.46	525.11	525.64	522.74	523.53	523.97	524.14	523.44	524.96	2.56
30	523.71	524.14	523.97	524.06	525.29	524.23	524.67	526.78	524.58	524.76	525.37	524.32	524.32	522.39	524.50	524.67	523.09	523.18	523.62	521.69	522.83	523.00	523.27	522.91	523.18	523.94	1.08
33	524.76	522.74	525.11	524.32	523.09	526.25	525.90	527.57	522.48	525.46	525.90	524.32	524.85	522.83	523.27	526.16	523.88	523.27	522.21	523.79	527.57	527.04	525.37	525.81	523.79	524.71	1.58
34	524.50	525.29	523.88	523.53	524.58	524.50	524.14	524.93	526.34	524.23	524.41	523.97	525.90	523.53	525.64	527.30	522.74	525.90	527.57	526.60	523.88	522.56	525.72	522.39	522.48	524.66	1.45
35	523.18	522.04	525.99	524.32	521.25	522.04	524.85	523.88	525.37	524.58	523.18	524.14	523.53	524.50	522.12	524.32	522.21	521.60	526.78	526.08	525.64	528.45	522.74	521.60	524.67	523.96	1.81
36	525.81	524.41	521.16	522.83	525.29	523.97	523.18	525.99	523.62	524.06	525.37	519.49	521.60	526.34	527.66	523.35	522.12	526.95	526.16	525.11	523.62	525.55	524.93	521.77	521.69	524.08	2.02
37	524.85	524.14	527.04	523.44	522.30	522.91	527.74	526.60	526.69	524.58	523.00	523.62	522.48	523.62	522.39	524.41	521.60	524.76	522.74	523.00	520.63	523.27	523.09	526.69	523.71	523.97	1.80
38	523.79	522.48	522.56	523.18	524.41	523.27	527.57	524.23	525.72	523.27	524.32	523.71	522.65	523.79	523.00	525.81	523.09	528.45	524.41	525.37	523.88	525.46	522.56	522.65	522.04	524.07	1.59
39	524.14	526.25	525.99	524.93	525.20	527.57	526.51	521.33	522.91	523.09	520.37	521.86	522.48	523.53	523.27	523.35	525.81	520.63	521.95	521.42	524.85	521.95	525.37	524.76	523.53	523.72	1.96
40	524.67	526.60	525.46	524.41	526.25	526.25	525.81	523.18	521.51	522.91	525.64	524.76	524.41	522.56	526.08	524.85	524.50	523.18	524.23	521.51	525.64	523.44	521.77	524.23	522.74	524.26	1.53
41	524.76	526.69	525.90	524.50	522.48	523.53	522.48	526.16	526.51	524.58	523.97	526.08	526.25	524.50	524.93	524.41	524.85	527.57	522.04	525.90	525.46	524.32	528.36	523.79	525.81	525.03	1.55
42	524.93	525.37	524.14	521.51	524.58	523.53	525.90	522.30	525.90	523.97	522.74	523.97	526.08	524.41	524.76	524.93	527.13	525.46	523.27	529.06	525.02	523.97	523.53	526.78	524.23	524.70	1.61
43	526.25	526.08	525.11	525.64	523.44	524.67	523.53	525.99	523.18	522.83	523.44	525.46	524.67	525.64	525.02	524.41	525.72	524.85	525.02	523.88	525.20	528.45	523.62	525.81	525.46	524.93	1.24
44	524.23	526.51	523.79	526.16	525.37	523.44	523.27	525.72	525.37	524.93	522.74	526.78	525.11	525.81	524.41	527.22	526.08	523.97	524.23	527.13	525.90	525.55	525.02	525.64	525.46	525.19	1.20
45	526.08	525.55	526.51	523.97	525.81	525.90	525.29	526.08	524.93	525.55	523.71	524.50	525.72	526.51	522.74	526.43	523.71	526.60	521.33	525.90	521.86	519.84	524.41	525.72	522.83	524.70	1.80
46	522.04	522.39	521.69	529.06	525.81	527.13	524.14	522.48	523.09	528.45	524.32	528.09	523.53	519.75	520.37	521.42	523.09	523.79	524.76	526.25	522.65	523.18	523.97	525.90	522.91	524.01	2.43
47	525.64	523.71	525.11	526.08	523.53	526.69	525.64	523.71	524.50	523.97	522.48	527.83	524.50	526.43	525.02	521.33	524.93	519.93	523.71	522.30	525.29	522.04	524.58	522.12	525.20	524.25	1.82
48	524.14	524.85	521.60	523.00	524.67	522.39	520.81	523.00	525.02	523.62	523.27	524.85	523.71	521.77	525.99	524.06	523.62	525.02	524.50	524.85	525.20	521.07	524.93	524.67	523.97	523.78	1.38
49	522.74	522.91	525.29	526.51	523.62	522.30	527.92	525.46	526.51	526.78	523.97	522.65	524.50	526.69	525.11	525.90	524.85	522.65	527.30	524.76	525.46	524.32	524.06	525.02	523.35	524.83	1.58
50	525.37	522.56	523.97	524.93	524.50	521.42	524.23	522.91	523.44	524.85	522.65	525.37	522.56	523.35	524.76	523.35	525.02	522.83	523.27	525.55	525.90	526.60	524.41	525.46	525.02	524.17	1.28
51	526.69	525.37	524.41	523.09	523.88	525.37	523.88	525.29	525.81	527.66	526.25	524.58	524.67	524.32	521.60	523.97	525.46	525.90	523.62	523.79	523.88	526.78	523.44	527.57	523.62	524.84	1.46
52	526.08	525.64	526.16	524.23	525.29	522.83	524.93	523.97	524.50	526.78	527.66	526.60	526.08	524.06	525.29	523.88	523.62	524.14	524.32	525.37	523.79	524.67	524.23	524.76	523.88	524.91	1.16



**Lampiran 13.** (Lanjutan) Data Pengukuran Volume Sirup ABC *Squash Delight Orange* (Revisi Ke – 3)

Sub grup	Volume (ml)																									X	S
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13	X14	X15	X16	X17	X18	X19	X20	X21	X22	X23	X24	X25		
53	521.95	525.02	524.93	526.60	522.83	521.60	524.14	523.53	523.35	524.93	522.04	524.32	525.29	524.76	524.41	524.14	524.58	525.72	524.06	527.48	526.08	525.29	528.09	524.23	523.00	524.50	1.59
54	525.02	525.72	525.29	526.43	524.23	525.81	525.90	523.00	525.37	526.16	523.79	524.32	525.46	525.90	521.42	524.50	525.20	521.42	519.84	525.02	524.93	526.16	524.85	524.85	524.41	524.60	1.63
55	523.79	522.83	522.48	522.74	523.53	525.81	523.00	523.88	526.25	522.83	523.35	525.02	525.29	523.79	523.09	522.56	522.12	524.50	525.64	523.62	523.88	521.42	525.29	523.79	524.32	523.79	1.23
56	521.42	523.27	519.84	525.37	524.85	524.76	527.30	522.83	524.93	524.32	523.27	525.72	522.12	524.14	525.99	522.65	523.71	525.11	522.74	524.14	525.46	526.51	523.18	523.97	519.14	523.87	1.93
57	525.90	525.55	527.57	524.76	526.08	527.92	525.29	525.46	523.97	524.50	525.55	524.41	525.02	522.83	525.99	525.81	526.78	525.20	523.79	525.90	523.00	521.86	526.25	524.14	522.48	525.04	1.50
58	524.93	525.37	523.97	524.93	524.32	524.23	522.91	527.48	526.08	524.41	524.50	522.39	526.25	526.60	524.76	524.14	523.79	524.23	525.90	522.12	526.78	525.29	524.06	531.61	524.85	525.04	1.88
59	525.02	523.71	525.81	524.85	524.67	526.25	525.02	523.62	527.39	527.66	523.79	523.53	524.50	524.58	525.81	525.72	527.39	523.00	522.04	522.21	525.29	524.50	524.32	523.35	522.83	524.67	1.52
60	523.44	521.25	526.95	523.35	528.09	524.06	526.78	526.60	524.41	525.90	523.62	526.43	526.60	525.99	527.13	522.12	520.81	523.18	525.11	525.46	524.14	522.91	522.56	520.37	524.85	524.48	2.12
61	523.71	526.87	525.46	528.36	527.92	524.32	523.97	524.14	524.50	525.90	524.93	526.16	524.41	525.37	523.00	525.90	524.58	523.44	525.81	522.83	524.67	524.41	527.30	523.27	523.88	525.00	1.49
65	523.44	521.60	523.53	523.00	527.66	523.62	525.46	528.01	524.06	525.02	523.35	523.79	526.08	524.85	524.85	523.53	524.23	525.37	526.08	525.37	526.69	527.30	524.23	524.58	524.41	524.80	1.54
66	528.36	528.27	526.95	526.51	526.51	524.41	522.30	524.06	525.37	520.81	523.44	523.79	524.76	522.39	523.53	523.97	527.04	524.23	524.41	522.30	524.67	522.48	527.48	524.93	526.08	524.76	1.99
67	524.58	524.85	524.50	524.32	522.12	524.14	523.35	524.50	524.76	524.76	527.83	526.69	520.19	525.72	524.76	523.18	527.13	522.91	528.88	525.72	518.96	525.90	523.71	522.21	523.53	524.37	2.18
68	521.86	523.88	525.81	526.25	524.67	527.04	523.44	525.02	522.65	521.07	525.20	521.60	525.29	523.18	524.50	527.57	521.25	524.06	523.62	526.87	526.60	526.16	525.81	520.11	527.39	524.44	2.14
69	523.97	521.69	525.90	522.48	522.12	526.60	524.06	525.46	523.53	524.67	525.99	525.81	524.58	525.37	524.32	525.02	521.77	522.04	523.88	523.00	523.97	523.71	523.44	523.79	522.74	524.00	1.40
70	523.88	524.41	524.76	519.67	523.44	522.74	524.06	522.12	524.41	523.62	523.27	525.11	522.56	524.50	525.02	525.72	526.25	525.55	525.81	524.93	525.29	523.35	523.71	523.88	527.57	524.22	1.56
72	520.11	520.98	523.00	519.14	521.07	522.21	525.20	526.34	525.29	523.62	524.93	523.18	525.64	522.48	522.65	524.67	524.32	523.35	523.88	522.21	526.51	523.62	525.55	523.35	524.06	523.49	1.88
																									Total	26745.17	84.76
																									Rata-rata	524.42	1.66

**Lampiran 13. (Lanjutan) Data Pengukuran Volume Sirup ABC *Squash Delight Orange* (Revisi Ke – 4)**

Sub	Volume (ml)																									X	S
grup	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13	X14	X15	X16	X17	X18	X19	X20	X21	X22	X23	X24	X25		
4	525.29	526.69	523.71	523.62	524.06	523.79	524.93	523.97	524.41	525.20	524.32	522.48	522.12	527.57	526.16	524.67	523.44	526.25	524.06	526.08	526.43	527.04	525.46	527.74	526.43	525.04	1.52
5	524.85	524.23	527.57	526.95	524.23	523.62	524.93	527.66	525.46	523.35	524.50	523.97	525.55	525.20	525.37	525.29	527.57	520.28	527.48	522.48	522.39	523.18	524.41	523.09	524.58	524.73	1.82
9	522.21	523.27	520.72	520.90	525.37	523.44	526.43	523.27	521.77	524.93	524.23	521.86	523.97	525.02	523.79	520.98	524.50	523.18	528.09	524.32	522.91	526.08	524.85	523.53	521.51	523.65	1.83
11	525.72	528.01	526.69	524.32	522.91	527.22	528.71	524.76	529.24	523.27	526.43	526.95	526.69	525.37	526.60	527.66	523.18	522.04	524.23	524.32	524.14	522.83	520.90	523.62	522.83	525.14	2.21
12	525.37	523.00	525.11	521.42	519.93	523.53	521.51	525.64	525.46	525.72	524.93	522.83	523.97	524.76	525.29	525.64	524.41	526.60	526.08	526.34	526.51	525.81	524.23	523.79	520.63	524.34	1.87
13	521.95	522.91	522.74	523.71	522.56	521.42	523.35	527.66	523.62	524.32	524.67	524.85	521.86	525.29	525.55	522.48	523.62	523.44	524.85	525.02	525.46	523.44	524.06	525.90	524.14	523.95	1.45
17	527.39	523.62	525.90	525.99	526.60	524.50	522.39	524.67	523.97	524.41	525.11	523.44	524.06	523.27	524.41	522.65	522.48	523.88	522.83	522.39	524.93	522.91	520.81	524.50	523.00	524.00	1.49
19	527.83	527.30	525.29	527.83	522.83	526.51	524.41	525.11	523.09	524.14	524.93	523.62	523.53	526.08	524.76	523.35	526.43	521.77	526.51	524.06	527.57	524.41	523.79	522.74	522.83	524.83	1.76
21	527.22	525.72	522.21	524.32	526.78	525.46	524.23	524.93	523.53	525.90	524.67	524.85	524.50	524.93	523.79	524.23	521.69	525.90	521.33	521.51	519.23	522.65	520.63	522.30	521.60	523.76	2.03
23	524.58	524.32	526.60	524.23	524.76	523.62	523.44	524.93	524.32	521.77	525.37	524.85	523.35	526.34	522.91	522.30	523.88	521.77	525.02	525.81	524.50	524.14	524.76	524.32	522.65	524.18	1.26
24	524.06	524.76	524.14	523.97	522.48	522.83	523.62	522.48	525.72	525.02	520.90	520.54	524.85	524.93	525.55	524.14	526.34	525.64	525.11	526.60	520.28	524.41	524.50	523.44	523.00	523.97	1.68
28	526.34	523.53	526.08	523.71	526.78	524.85	526.51	526.25	523.35	524.93	525.37	526.78	525.64	523.18	523.09	523.62	523.18	522.56	522.65	522.91	524.06	523.35	524.14	524.76	525.99	524.54	1.42
30	523.71	524.14	523.97	524.06	525.29	524.23	524.67	526.78	524.58	524.76	525.37	524.32	524.32	522.39	524.50	524.67	523.09	523.18	523.62	521.69	522.83	523.00	523.27	522.91	523.18	523.94	1.08
33	524.76	522.74	525.11	524.32	523.09	526.25	525.90	527.57	522.48	525.46	525.90	524.32	524.85	522.83	523.27	526.16	523.88	523.27	522.21	523.79	527.57	527.04	525.37	525.81	523.79	524.71	1.58
34	524.50	525.29	523.88	523.53	524.58	524.50	524.14	524.93	526.34	524.23	524.41	523.97	525.90	523.53	525.64	527.30	522.74	525.90	527.57	526.60	523.88	522.56	525.72	522.39	522.48	524.66	1.45
35	523.18	522.04	525.99	524.32	521.25	522.04	524.85	523.88	525.37	524.58	523.18	524.14	523.53	524.50	522.12	524.32	522.21	521.60	526.78	526.08	525.64	528.45	522.74	521.60	524.67	523.96	1.81
36	525.81	524.41	521.16	522.83	525.29	523.97	523.18	525.99	523.62	524.06	525.37	519.49	521.60	526.34	527.66	523.35	522.12	526.95	526.16	525.11	523.62	525.55	524.93	521.77	521.69	524.08	2.02
37	524.85	524.14	527.04	523.44	522.30	522.91	527.74	526.60	526.69	524.58	523.00	523.62	522.48	523.62	522.39	524.41	521.60	524.76	522.74	523.00	520.63	523.27	523.09	526.69	523.71	523.97	1.80
38	523.79	522.48	522.56	523.18	524.41	523.27	527.57	524.23	525.72	523.27	524.32	523.71	522.65	523.79	523.00	525.81	523.09	528.45	524.41	525.37	523.88	525.46	522.56	522.65	522.04	524.07	1.59
39	524.14	526.25	525.99	524.93	525.20	527.57	526.51	521.33	522.91	523.09	520.37	521.86	522.48	523.53	523.27	523.35	525.81	520.63	521.95	521.42	524.85	521.95	525.37	524.76	523.53	523.72	1.96
40	524.67	526.60	525.46	524.41	526.25	526.25	525.81	523.18	521.51	522.91	525.64	524.76	524.41	522.56	526.08	524.85	524.50	523.18	524.23	521.51	525.64	523.44	521.77	524.23	522.74	524.26	1.53
41	524.76	526.69	525.90	524.50	522.48	523.53	522.48	526.16	526.51	524.58	523.97	526.08	526.25	524.50	524.93	524.41	524.85	527.57	522.04	525.90	525.46	524.32	528.36	523.79	525.81	525.03	1.55
42	524.93	525.37	524.14	521.51	524.58	523.53	525.90	522.30	525.90	523.97	522.74	523.97	526.08	524.41	524.76	524.93	527.13	525.46	523.27	529.06	525.02	523.97	523.53	526.78	524.23	524.70	1.61
43	526.25	526.08	525.11	525.64	523.44	524.67	523.53	525.99	523.18	522.83	523.44	525.46	524.67	525.64	525.02	524.41	525.72	524.85	525.02	523.88	525.20	528.45	523.62	525.81	525.46	524.93	1.24
44	524.23	526.51	523.79	526.16	525.37	523.44	523.27	525.72	525.37	524.93	522.74	526.78	525.11	525.81	524.41	527.22	526.08	523.97	524.23	527.13	525.90	525.55	525.02	525.64	525.46	525.19	1.20
45	526.08	525.55	526.51	523.97	525.81	525.90	525.29	526.08	524.93	525.55	523.71	524.50	525.72	526.51	522.74	526.43	523.71	526.60	521.33	525.90	521.86	519.84	524.41	525.72	522.83	524.70	1.80
47	525.64	523.71	525.11	526.08	523.53	526.69	525.64	523.71	524.50	523.97	522.48	527.83	524.50	526.43	525.02	521.33	524.93	519.93	523.71	522.30	525.29	522.04	524.58	522.12	525.20	524.25	1.82
48	524.14	524.85	521.60	523.00	524.67	522.39	520.81	523.00	525.02	523.62	523.27	524.85	523.71	521.77	525.99	524.06	523.62	525.02	524.50	524.85	525.20	521.07	524.93	524.67	523.97	523.78	1.38
49	522.74	522.91	525.29	526.51	523.62	522.30	527.92	525.46	526.51	526.78	523.97	522.65	524.50	526.69	525.11	525.90	524.85	522.65	527.30	524.76	525.46	524.32	524.06	525.02	523.35	524.83	1.58
50	525.37	522.56	523.97	524.93	524.50	521.42	524.23	522.91	523.44	524.85	522.65	525.37	522.56	523.35	524.76	523.35	525.02	522.83	523.27	525.55	525.90	526.60	524.41	525.46	525.02	524.17	1.28
51	526.69	525.37	524.41	523.09	523.88	525.37	523.88	525.29	525.81	527.66	526.25	524.58	524.67	524.32	521.60	523.97	525.46	525.90	523.62	523.79	523.88	526.78	523.44	527.57	523.62	524.84	1.46
52	526.08	525.64	526.16	524.23	525.29	522.83	524.93	523.97	524.50	526.78	527.66	526.60	526.08	524.06	525.29	523.88	523.62	524.14	524.32	525.37	523.79	524.67	524.23	524.76	523.88	524.91	1.16
53	521.95	525.02	524.93	526.60	522.83	521.60	524.14	523.53	523.35	524.93	522.04	524.32	525.29	524.76	524.41	524.14	524.58	525.72	524.06	527.48	526.08	525.29	528.09	524.23	523.00	524.50	1.59
54	525.02	525.72	525.29	526.43	524.23	525.81	525.90	523.00	525.37	526.16	523.79	524.32	525.46	525.90	521.42	524.50	525.20	521.42	519.84	525.02	524.93	526.16	524.85	524.85	524.41	524.60	1.63
55	523.79	522.83	522.48	522.74	523.53	525.81	523.00	523.88	526.25	522.83	523.35	525.02	525.29	523.79	523.09	522.56	522.12	524.50	525.64	523.62	523.88	521.42	525.29	523.79	524.32	523.79	1.23

**Lampiran 13.** (Lanjutan) Data Pengukuran Volume Sirup ABC *Squash Delight Orange* (Revisi Ke – 4)

Sub	Volume (ml)																									X	S
grup	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13	X14	X15	X16	X17	X18	X19	X20	X21	X22	X23	X24	X25		
56	521.42	523.27	519.84	525.37	524.85	524.76	527.30	522.83	524.93	524.32	523.27	525.72	522.12	524.14	525.99	522.65	523.71	525.11	522.74	524.14	525.46	526.51	523.18	523.97	519.14	523.87	1.93
57	525.90	525.55	527.57	524.76	526.08	527.92	525.29	525.46	523.97	524.50	525.55	524.41	525.02	522.83	525.99	525.81	526.78	525.20	523.79	525.90	523.00	521.86	526.25	524.14	522.48	525.04	1.50
58	524.93	525.37	523.97	524.93	524.32	524.23	522.91	527.48	526.08	524.41	524.50	522.39	526.25	526.60	524.76	524.14	523.79	524.23	525.90	522.12	526.78	525.29	524.06	531.61	524.85	525.04	1.88
59	525.02	523.71	525.81	524.85	524.67	526.25	525.02	523.62	527.39	527.66	523.79	523.53	524.50	524.58	525.81	525.72	527.39	523.00	522.04	522.21	525.29	524.50	524.32	523.35	522.83	524.67	1.52
60	523.44	521.25	526.95	523.35	528.09	524.06	526.78	526.60	524.41	525.90	523.62	526.43	526.60	525.99	527.13	522.12	520.81	523.18	525.11	525.46	524.14	522.91	522.56	520.37	524.85	524.48	2.12
61	523.71	526.87	525.46	528.36	527.92	524.32	523.97	524.14	524.50	525.90	524.93	526.16	524.41	525.37	523.00	525.90	524.58	523.44	525.81	522.83	524.67	524.41	527.30	523.27	523.88	525.00	1.49
65	523.44	521.60	523.53	523.00	527.66	523.62	525.46	528.01	524.06	525.02	523.35	523.79	526.08	524.85	524.85	523.53	524.23	525.37	526.08	525.37	526.69	527.30	524.23	524.58	524.41	524.80	1.54
66	528.36	528.27	526.95	526.51	526.51	524.41	522.30	524.06	525.37	520.81	523.44	523.79	524.76	522.39	523.53	523.97	527.04	524.23	524.41	522.30	524.67	522.48	527.48	524.93	526.08	524.76	1.99
67	524.58	524.85	524.50	524.32	522.12	524.14	523.35	524.50	524.76	524.76	527.83	526.69	520.19	525.72	524.76	523.18	527.13	522.91	528.88	525.72	518.96	525.90	523.71	522.21	523.53	524.37	2.18
68	521.86	523.88	525.81	526.25	524.67	527.04	523.44	525.02	522.65	521.07	525.20	521.60	525.29	523.18	524.50	527.57	521.25	524.06	523.62	526.87	526.60	526.16	525.81	520.11	527.39	524.44	2.14
69	523.97	521.69	525.90	522.48	522.12	526.60	524.06	525.46	523.53	524.67	525.99	525.81	524.58	525.37	524.32	525.02	521.77	522.04	523.88	523.00	523.97	523.71	523.44	523.79	522.74	524.00	1.40
70	523.88	524.41	524.76	519.67	523.44	522.74	524.06	522.12	524.41	523.62	523.27	525.11	522.56	524.50	525.02	525.72	526.25	525.55	525.81	524.93	525.29	523.35	523.71	523.88	527.57	524.22	1.56
72	520.11	520.98	523.00	519.14	521.07	522.21	525.20	526.34	525.29	523.62	524.93	523.18	525.64	522.48	522.65	524.67	524.32	523.35	523.88	522.21	526.51	523.62	525.55	523.35	524.06	523.49	1.88
Total																										25171.94	78.83
Rata-rata																										524.42	1.64

## Lampiran 14. Gambar Produk *Overfill* dan *Underfill*

### 1. Produk *Overfill*



### 2. Produk *Underfill*



### 3. Produk *Underfill* Dikarenakan Mesin Berhenti Mendadak





## Lampiran 15. Uji Normalitas dan Kecukupan Data Revisi

- Revisi Ke – 1

**One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test**

		H1	H2	H3	H4	H5
N		75	100	175	100	200
Normal	Mean	525.1221	524.2715	524.3726	524.7238	524.1798
Parameters <sup>a,b</sup>	Std. Deviation	1.94235	1.91468	1.80322	1.85663	1.73026
Most Extreme	Absolute	.065	.040	.070	.074	.050
Differences	Positive	.058	.040	.070	.066	.050
	Negative	-.065	-.036	-.054	-.074	-.041
Kolmogorov-Smirnov Z		.564	.399	.927	.743	.714
Asymp. Sig. (2-tailed)		.908	.997	.357	.639	.688

		H6	H7	H8	H9
N		200	200	125	175
Normal Parameters <sup>a,b</sup>	Mean	524.5755	524.4375	524.8479	524.2981
	Std. Deviation	1.70855	1.53262	1.70928	1.85298
Most Extreme	Absolute	.051	.046	.045	.064
Differences	Positive	.049	.037	.045	.034
	Negative	-.051	-.046	-.032	-.064
Kolmogorov-Smirnov Z		.727	.655	.499	.853
Asymp. Sig. (2-tailed)		.666	.784	.964	.461

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

## Lampiran 15. (Lanjutan) Uji Normalitas dan Kecukupan Data

Revisi

- Revisi Ke – 2

**One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test**

	H1	H2	H3	H4	H5
N	50	100	150	100	200
Normal Mean	524.8822	524.2715	524.1696	524.7238	524.1798
Parameters <sup>a,b</sup> Std. Deviation	1.66531	1.91468	1.57764	1.85663	1.73026
Most Extreme Absolute	.064	.040	.072	.074	.050
Differences Positive	.064	.040	.062	.066	.050
Negative	-.061	-.036	-.072	-.074	-.041
Kolmogorov-Smirnov Z	.455	.399	.886	.743	.714
Asymp. Sig. (2-tailed)	.986	.997	.413	.639	.688

	H6	H7	H8	H9
N	200	200	125	175
Normal Parameters <sup>a,b</sup> Mean	524.5755	524.4375	524.8479	524.2981
Std. Deviation	1.70855	1.53262	1.70928	1.85298
Most Extreme Absolute	.051	.046	.045	.064
Differences Positive	.049	.037	.045	.034
Negative	-.051	-.046	-.032	-.064
Kolmogorov-Smirnov Z	.727	.655	.499	.853
Asymp. Sig. (2-tailed)	.666	.784	.964	.461

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

## Lampiran 15. (Lanjutan) Uji Normalitas dan Kecukupan Data

Revisi

- Revisi Ke – 3

**One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test**

	H1	H2	H3	H4	H5
N	50	100	150	75	200
Normal Mean	524.8822	524.2715	524.1696	524.4805	524.1798
Parameters <sup>a,b</sup> Std. Deviation	1.66531	1.91468	1.57764	1.82486	1.73026
Most Extreme Absolute	.064	.040	.072	.086	.050
Differences Positive	.064	.040	.062	.086	.050
Negative	-.061	-.036	-.072	-.080	-.041
Kolmogorov-Smirnov Z	.455	.399	.886	.749	.714
Asymp. Sig. (2-tailed)	.986	.997	.413	.629	.688

	H6	H7	H8	H9
N	200	200	125	175
Normal Parameters <sup>a,b</sup> Mean	524.5755	524.4375	524.8479	524.2981
Std. Deviation	1.70855	1.53262	1.70928	1.85298
Most Extreme Absolute	.051	.046	.045	.064
Differences Positive	.049	.037	.045	.034
Negative	-.051	-.046	-.032	-.064
Kolmogorov-Smirnov Z	.727	.655	.499	.853
Asymp. Sig. (2-tailed)	.666	.784	.964	.461

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.



## Lampiran 15. (Lanjutan) Uji Normalitas dan Kecukupan Data

Revisi

- Revisi Ke – 4

**One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test**

		H1	H2	H3	H4	H5
N		50	100	125	50	200
Normal	Mean	524.8822	524.2715	524.1503	524.2428	524.1798
Parameters <sup>a,b</sup>	Std. Deviation	1.66531	1.91468	1.67841	1.28550	1.73026
Most Extreme	Absolute	.064	.040	.063	.101	.050
Differences	Positive	.064	.040	.060	.101	.050
	Negative	-.061	-.036	-.063	-.073	-.041
Kolmogorov-Smirnov Z		.455	.399	.699	.712	.714
Asymp. Sig. (2-tailed)		.986	.997	.712	.691	.688

		H6	H7	H8	H9
N		175	200	125	175
Normal Parameters <sup>a,b</sup>	Mean	524.6562	524.4375	524.8479	524.2981
	Std. Deviation	1.57135	1.53262	1.70928	1.85298
Most Extreme	Absolute	.066	.046	.045	.064
Differences	Positive	.051	.037	.045	.034
	Negative	-.066	-.046	-.032	-.064
Kolmogorov-Smirnov Z		.877	.655	.499	.853
Asymp. Sig. (2-tailed)		.425	.784	.964	.461

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

**Lampiran 15.** (Lanjutan) Uji Normalitas dan Kecukupan Data  
Revisi

- Uji kecukupan data

$$\begin{aligned} N' &= \left[ \frac{40 \sqrt{N \left( \sum_{i=1}^n x_i^2 \right) - \left( \sum_{i=1}^n x_i \right)^2}}{\sum_{i=1}^n x_i} \right]^2 \\ &= \left[ \frac{40 \sqrt{1.200 (330.017.202,81) - (396.016.500.994,60)}}{629.298,42} \right]^2 \\ &= 0,02 \end{aligned}$$



## Lampiran 16. Perhitungan Kapabilitas Proses

### a) Kapabilitas Proses *Short Term*

- Standar deviasi jangka pendek

$$\begin{aligned} s_{short} &= \sqrt{\bar{s}^2} \\ &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} \\ &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{1200} (x_i - 524,42)^2}{(25 \times 48) - 1}} \\ &= 1,64 \end{aligned}$$

- Indeks  $C_p$

$$\begin{aligned} C_p &= \frac{USL - LSL}{6 \cdot s_{short}} \\ &= \frac{529,41 - 520,63}{6 \times 1,64} \\ &= 0,89 \end{aligned}$$

- Indeks  $C_{pk}$

$$\begin{aligned} C_{pk} &= \min \left( \frac{\bar{\bar{x}} - LSL}{3 \cdot s_{short}}; \frac{USL - \bar{\bar{x}}}{3 \cdot s_{short}} \right) \\ &= \min \left( \frac{524,42 - 520,63}{3 \times 1,64}; \frac{529,41 - 524,42}{3 \times 1,64} \right) \\ &= \min(0,77; 1,01) \\ &= 0,77 \end{aligned}$$

## Lampiran 16. (Lanjutan) Perhitungan Kapabilitas Proses

- Nilai  $Z_{st}$

$$\begin{aligned}Z_{st} &= 3 \times C_{pk} \\&= 3 \times 0,77 \\&= 2,30\end{aligned}$$

- Indeks  $C_{pm}$

$$\begin{aligned}C_{pm} &= \frac{C_p}{\sqrt{1 + \frac{(\bar{x} - T)^2}{s_{short}^2}}} \\&= \frac{0,89}{\sqrt{1 + \frac{(524,42 - 525)^2}{2,78}}} \\&= 0,84\end{aligned}$$

### b) Kapabilitas Proses *Long Term*

- Standar deviasi jangka Panjang

$$\begin{aligned}s_{long} &= \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1} \\&= \frac{\sum_{i=1}^{1200} (x_i - 524,42)^2}{(25 \times 48) - 1} \\&= 2,78\end{aligned}$$

### Lampiran 16. (Lanjutan) Perhitungan Kapabilitas Proses

- Indeks  $P_p$

$$\begin{aligned}P_p &= \frac{USL - LSL}{6 \cdot s_{long}} \\&= \frac{529,41 - 520,63}{6 \times 2,78} \\&= 0,53\end{aligned}$$

- Indeks  $P_{pk}$

$$\begin{aligned}P_{pk} &= \min\left(\frac{\bar{\bar{x}} - LSL}{3 \cdot s_{long}}; \frac{USL - \bar{\bar{x}}}{3 \cdot s_{long}}\right) \\&= \min\left(\frac{524,42 - 520,63}{3 \times 2,78}; \frac{529,41 - 524,42}{3 \times 2,78}\right) \\&= \min(0,45; 0,60) \\&= 0,45\end{aligned}$$

- Nilai  $Z_{lt}$

$$\begin{aligned}Z_{lt} &= 3 \times P_{pk} \\&= 3 \times 0,45 \\&= 1,36\end{aligned}$$

## Lampiran 16. (Lanjutan) Perhitungan Kapabilitas Proses

- Indeks  $P_{pm}$

$$\begin{aligned} P_{pm} &= \frac{P_p}{\sqrt{1 + \frac{(\bar{\bar{x}} - T)^2}{s_{long}^2}}} \\ &= \frac{0,53}{\sqrt{1 + \frac{(524,42 - 525)^2}{7,71}}} \\ &= 0,52 \end{aligned}$$

- c) Perhitungan Nilai  $Z_{shift}$

$$\begin{aligned} Z_{shift} &= Z_{st} - Z_{lt} \\ &= 2,30 - 1,36 \\ &= 0,94 \end{aligned}$$

## Lampiran 17. Tabel Konversi DPMO ke Nilai Sigma Motorola

Nilai Sigma	DPMO	Nilai Sigma	DPMO	Nilai Sigma	DPMO	Nilai Sigma	DPMO
0.00	933,193	0.51	838,913	1.02	684,386	1.53	488,033
0.01	931,888	0.52	836,457	1.03	680,822	1.54	484,047
0.02	930,563	0.53	833,977	1.04	677,242	1.55	480,061
0.03	929,219	0.54	831,472	1.05	673,645	1.56	476,078
0.04	927,855	0.55	828,944	1.06	670,031	1.57	472,097
0.05	926,471	0.56	826,391	1.07	666,402	1.58	468,119
0.06	925,066	0.57	823,814	1.08	662,757	1.59	464,144
0.07	923,641	0.58	821,214	1.09	659,097	1.60	460,172
0.08	922,196	0.59	818,589	1.10	655,422	1.61	456,205
0.09	920,730	0.60	815,940	1.11	651,732	1.62	452,242
0.10	919,243	0.61	813,267	1.12	648,027	1.63	448,283
0.11	917,736	0.62	810,570	1.13	644,309	1.64	444,330
0.12	916,207	0.63	807,850	1.14	640,576	1.65	440,382
0.13	914,656	0.64	805,106	1.15	636,831	1.66	436,441
0.14	913,085	0.65	802,338	1.16	633,072	1.67	432,505
0.15	911,492	0.66	799,546	1.17	629,300	1.68	428,576
0.16	909,877	0.67	796,731	1.18	625,516	1.69	424,655
0.17	908,241	0.68	793,892	1.19	621,719	1.70	420,740
0.18	906,582	0.69	791,030	1.20	617,911	1.71	416,834
0.19	904,902	0.70	788,145	1.21	614,092	1.72	412,936
0.20	903,199	0.71	785,236	1.22	610,261	1.73	409,046
0.21	901,475	0.72	782,305	1.23	606,420	1.74	405,165
0.22	899,727	0.73	779,350	1.24	602,568	1.75	401,294
0.23	897,958	0.74	776,373	1.25	598,706	1.76	397,432
0.24	896,165	0.75	773,373	1.26	594,835	1.77	393,580
0.25	894,350	0.76	770,350	1.27	590,954	1.78	389,739
0.26	892,512	0.77	767,305	1.28	587,064	1.79	385,908
0.27	890,651	0.78	764,238	1.29	583,166	1.80	382,089
0.28	888,767	0.79	761,148	1.30	579,260	1.81	378,281
0.29	886,860	0.80	758,036	1.31	575,345	1.82	374,484
0.30	884,930	0.81	754,903	1.32	571,424	1.83	370,700
0.31	882,977	0.82	751,748	1.33	567,495	1.84	366,928
0.32	881,000	0.83	748,571	1.34	563,559	1.85	363,169
0.33	878,999	0.84	745,373	1.35	559,618	1.86	359,424
0.34	876,976	0.85	742,154	1.36	555,670	1.87	355,691
0.35	874,928	0.86	738,914	1.37	551,717	1.88	351,973
0.36	872,857	0.87	735,653	1.38	547,758	1.89	348,268
0.37	870,762	0.88	732,371	1.39	543,795	1.90	344,578
0.38	868,643	0.89	729,069	1.40	539,828	1.91	340,903
0.39	866,500	0.90	725,747	1.41	535,856	1.92	337,243
0.40	864,334	0.91	722,405	1.42	531,881	1.93	333,598
0.41	862,143	0.92	719,043	1.43	527,903	1.94	329,969
0.42	859,929	0.93	715,661	1.44	523,922	1.95	326,355
0.43	857,690	0.94	712,260	1.45	519,939	1.96	322,758
0.44	855,428	0.95	708,840	1.46	515,953	1.97	319,178
0.45	853,141	0.96	705,402	1.47	511,967	1.98	315,614
0.46	850,830	0.97	701,944	1.48	507,978	1.99	312,067
0.47	848,495	0.98	698,468	1.49	503,989	2.00	308,538
0.48	846,136	0.99	694,974	1.50	500,000	2.01	305,026
0.49	843,752	1.00	691,462	1.51	496,011	2.02	301,532
0.50	841,345	1.01	687,933	1.52	492,022	2.03	298,056



## Lampiran 17. (Lanjutan) Tabel Konversi DPMO ke Nilai Sigma Motorola

Nilai Sigma	DPMO	Nilai Sigma	DPMO	Nilai Sigma	DPMO	Nilai Sigma	DPMO
2.04	294,598	2.55	146,859	3.06	59,380	3.57	19,226
2.05	291,160	2.56	144,572	3.07	58,208	3.58	18,763
2.06	287,740	2.57	142,310	3.08	57,053	3.59	18,309
2.07	284,339	2.58	140,071	3.09	55,917	3.60	17,864
2.08	280,957	2.59	137,857	3.10	54,799	3.61	17,429
2.09	277,595	2.60	135,666	3.11	53,699	3.62	17,003
2.10	274,253	2.61	133,500	3.12	52,616	3.63	16,586
2.11	270,931	2.62	131,357	3.13	51,551	3.64	16,177
2.12	267,629	2.63	129,238	3.14	50,503	3.65	15,778
2.13	264,347	2.64	127,143	3.15	49,471	3.66	15,386
2.14	261,086	2.65	125,072	3.16	48,457	3.67	15,003
2.15	257,846	2.66	123,024	3.17	47,460	3.68	14,629
2.16	254,627	2.67	121,001	3.18	46,479	3.69	16,262
2.17	251,429	2.68	119,000	3.19	45,514	3.70	13,903
2.18	248,252	2.69	117,023	3.20	44,565	3.71	13,553
2.19	245,097	2.70	115,070	3.21	43,633	3.72	13,209
2.20	241,964	2.71	113,140	3.22	42,716	3.73	12,874
2.21	238,852	2.72	111,233	3.23	41,815	3.74	12,545
2.22	235,762	2.73	109,349	3.24	40,929	3.75	12,224
2.23	232,695	2.74	107,488	3.25	40,059	3.76	11,911
2.24	229,650	2.75	105,650	3.26	39,204	3.77	11,604
2.25	226,627	2.76	103,835	3.27	38,364	3.78	11,304
2.26	223,627	2.77	102,042	3.28	37,538	3.79	11,011
2.27	220,650	2.78	100,273	3.29	36,727	3.80	10,724
2.28	217,695	2.79	98,525	3.30	35,930	3.81	10,444
2.29	214,764	2.80	96,801	3.31	35,148	3.82	10,170
2.30	211,855	2.81	95,098	3.32	34,379	3.83	9,903
2.31	208,970	2.82	93,418	3.33	33,625	3.84	9,642
2.32	206,108	2.83	91,759	3.34	32,884	3.85	9,387
2.33	203,269	2.84	90,123	3.35	32,157	3.86	9,137
2.34	200,454	2.85	88,508	3.36	31,443	3.87	8,894
2.35	197,662	2.86	86,915	3.37	30,742	3.88	8,656
2.36	194,894	2.87	85,344	3.38	30,054	3.89	8,424
2.37	192,150	2.88	83,793	3.39	29,379	3.90	8,198
2.38	189,430	2.89	82,264	3.40	28,716	3.91	7,976
2.39	186,733	2.90	80,757	3.41	28,067	3.92	7,760
2.40	184,060	2.91	79,270	3.42	27,429	3.93	7,549
2.41	181,411	2.92	77,804	3.43	26,803	3.94	7,344
2.42	178,786	2.93	76,359	3.44	26,190	3.95	7,143
2.43	176,186	2.94	74,934	3.45	25,588	3.96	6,947
2.44	173,609	2.95	73,529	3.46	24,998	3.97	6,756
2.45	171,056	2.96	72,145	3.47	24,419	3.98	6,569
2.46	168,528	2.97	70,781	3.48	23,852	3.99	6,387
2.47	166,023	2.98	69,437	3.49	23,295	4.00	6,210
2.48	163,543	2.99	68,112	3.50	22,750	4.01	6,037
2.49	161,087	3.00	66,807	3.51	22,215	4.02	5,868
2.50	158,655	3.01	65,522	3.52	21,692	4.03	5,703
2.51	156,248	3.02	64,256	3.53	21,178	4.04	5,543
2.52	153,864	3.03	63,008	3.54	20,675	4.05	5,386
2.53	151,505	3.04	61,780	3.55	20,182	4.06	5,234
2.54	149,170	3.05	60,571	3.56	19,699	4.07	5,085

## Lampiran 17. (Lanjutan) Tabel Konversi DPMO ke Nilai Sigma Motorola

Nilai Sigma	DPMO	Nilai Sigma	DPMO	Nilai Sigma	DPMO	Nilai Sigma	DPMO
4.08	4,940	4.59	1,001	5.10	159	5.61	20
4.09	4,799	4.60	968	5.11	153	5.62	19
4.10	4,661	4.61	936	5.12	147	5.63	18
4.11	4,527	4.62	904	5.13	142	5.64	17
4.12	4,397	4.63	874	5.14	136	5.65	17
4.13	4,269	4.64	845	5.15	131	5.66	16
4.14	4,145	4.65	816	5.16	126	5.67	15
4.15	4,025	4.66	789	5.17	121	5.68	15
4.16	3,907	4.67	762	5.18	117	5.69	14
4.17	3,793	4.68	736	5.19	112	5.70	13
4.18	3,681	4.69	711	5.20	108	5.71	13
4.19	3,573	4.70	687	5.21	104	5.72	12
4.20	3,467	4.71	664	5.22	100	5.73	12
4.21	3,364	4.72	641	5.23	96	5.74	11
4.22	3,264	4.73	619	5.24	92	5.75	11
4.23	3,167	4.74	598	5.25	88	5.76	10
4.24	3,072	4.75	577	5.26	85	5.77	10
4.25	2,980	4.76	557	5.27	82	5.78	9
4.26	2,890	4.77	538	5.28	78	5.79	9
4.27	2,803	4.78	519	5.29	75	5.80	9
4.28	2,718	4.79	501	5.30	72	5.81	8
4.29	2,635	4.80	483	5.31	70	5.82	8
4.30	2,555	4.81	467	5.32	67	5.83	7
4.31	2,477	4.82	450	5.33	64	5.84	7
4.32	2,401	4.83	434	5.34	62	5.85	7
4.33	2,327	4.84	419	5.35	59	5.86	7
4.34	2,256	4.85	404	5.36	57	5.87	6
4.35	2,186	4.86	390	5.37	54	5.88	6
4.36	2,118	4.87	376	5.38	52	5.89	6
4.37	2,052	4.88	362	5.39	50	5.90	5
4.38	1,988	4.89	350	5.40	48	5.91	5
4.39	1,926	4.90	337	5.41	46	5.92	5
4.40	1,866	4.91	325	5.42	44	5.93	5
4.41	1,807	4.92	313	5.43	42	5.94	5
4.42	1,750	4.93	302	5.44	41	5.95	4
4.43	1,695	4.94	291	5.45	39	5.96	4
4.44	1,641	4.95	280	5.46	37	5.97	4
4.45	1,589	4.96	270	5.47	36	5.98	4
4.46	1,538	4.97	260	5.48	34	5.99	4
4.47	1,489	4.98	251	5.49	33	6.00	3
4.48	1,441	4.99	242	5.50	32	<b>Catatan:</b> Tabel konversi ini Mencakup pengeseran 1,5- sigma untuk semua nilai Z	
4.49	1,395	5.00	233	5.51	30		
4.50	1,350	5.01	224	5.52	29		
4.51	1,306	5.02	216	5.53	28		
4.52	1,264	5.03	208	5.54	27		
4.53	1,223	5.04	200	5.55	26		
4.54	1,183	5.05	193	5.56	25		
4.55	1,144	5.06	185	5.57	24		
4.56	1,107	5.07	179	5.58	23		
4.57	1,070	5.08	172	5.59	22		
4.58	1,035	5.09	165	5.60	21		

Sumber: Gasperzs (2002).



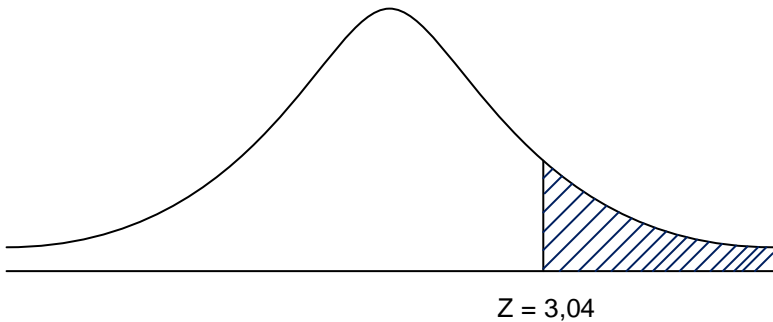
## Lampiran 18. Perhitungan DPMO

### a. DPMO Jangka Pendek

$$s_{short} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{1200} (x_i - 524,42)^2}{(25 \times 48) - 1}} = 1,64$$

- DPMO  $\geq$  USL

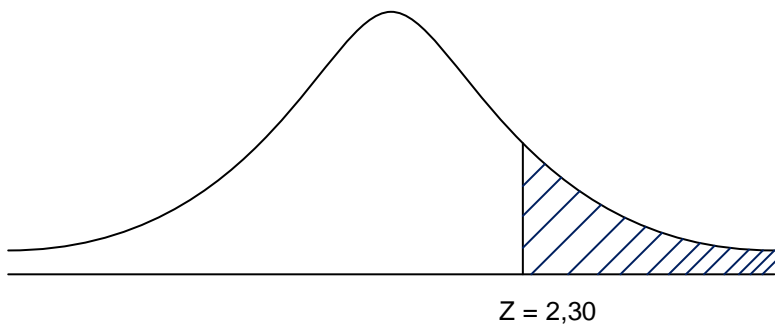
$$\begin{aligned} P \left[ z \geq \frac{USL - \bar{\bar{x}}}{S} \right] \times 1.000.000 \\ &= P \left[ z \geq \frac{529,41 - 524,42}{1,64} \right] \times 1.000.000 \\ &= P [z \geq 3,04] \times 1.000.000 \\ &= (0,5 - 0,4988) \times 1.000.000 \\ &= 1.200 \end{aligned}$$



### Lampiran 18. (Lanjutan) Perhitungan DPMO

- $DPMO \leq LSL$

$$\begin{aligned} P \left[ z \leq \frac{LSL - \bar{\bar{x}}}{S} \right] &\times 1.000.000 \\ &= P \left[ z \leq \frac{520,63 - 524,42}{1,64} \right] \times 1.000.000 \\ &= P [z \leq (-2,30)] \times 1.000.000 \\ &= P [z \geq 2,30] \times 1.000.000 \\ &= (0,5 - 0,4893) \times 1.000.000 \\ &= 10.700 \end{aligned}$$



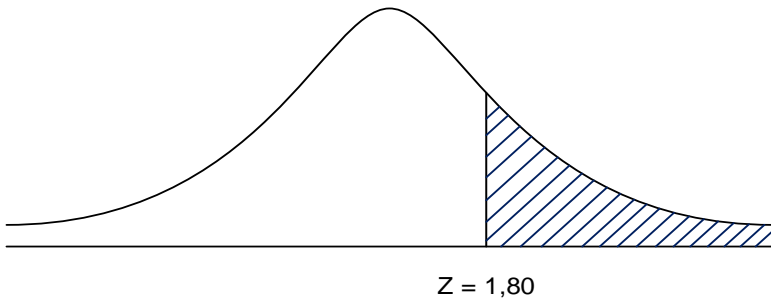
## Lampiran 18. (Lanjutan) Perhitungan DPMO

### b. DPMO Jangka Panjang

$$s_{long} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1} = \frac{\sum_{i=1}^{1200} (x_i - 524,42)^2}{(25 \times 48) - 1} = 2,78$$

- DPMO  $\geq$  USL

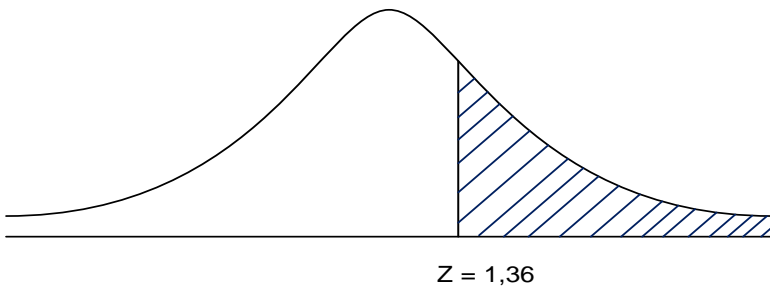
$$\begin{aligned} P \left[ z \geq \frac{USL - \bar{x}}{S} \right] \times 1.000.000 \\ &= P \left[ z \geq \frac{529,41 - 524,42}{2,78} \right] \times 1.000.000 \\ &= P [z \geq 1,80] \times 1.000.000 \\ &= (0,5 - 0,4641) \times 1.000.000 \\ &= 35.900 \end{aligned}$$



### Lampiran 18. (Lanjutan) Perhitungan DPMO

- $DPMO \leq LSL$

$$\begin{aligned} & P \left[ z \leq \frac{LSL - \bar{\bar{x}}}{S} \right] \times 1.000.000 \\ &= P \left[ z \leq \frac{520,63 - 524,42}{2,78} \right] \times 1.000.000 \\ &= P [z \leq (-1,36)] \times 1.000.000 \\ &= P [z \geq 1,36] \times 1.000.000 \\ &= (0,5 - 0,4131) \times 1.000.000 \\ &= 86.900 \end{aligned}$$



## Lampiran 19. Rekap Kuesioner *Fuzzy* FMEA

No.	Penyebab	R	S	O	D
1	Ring pada <i>nozzle</i> bermasalah	R1	3	6	5
		R2	4	5	7
		R3	3	4	6
2	Adanya busa pada produk	R1	2	3	3
		R2	3	3	5
		R3	2	2	4
3	Volume botol tidak seragam	R1	6	4	4
		R2	6	3	3
		R3	5	3	4
4	Kurangnya <i>skill</i> operator untuk mengoperasikan dan <i>setting</i> mesin	R1	7	5	5
		R2	6	4	5
		R3	5	4	5
5	Kurangnya ketanggapan operator	R1	5	3	3
		R2	5	2	2
		R3	3	3	2
6	Mesin sering macet	R1	5	4	3
		R2	6	4	2
		R3	5	3	3
7	Intensitas penyemprotan alkohol belum sesuai	R1	7	4	5
		R2	7	5	3
		R3	6	5	4
8	Suhu produk yang beragam	R1	2	2	3
		R2	2	2	4
		R3	3	2	2

Sumber: Data Primer Diolah (2017).





## Lampiran 20. Penyesuaian ke Istilah Linguistik dan *Fuzzy Number*

No.	Penyebab	R	S				O				D				
			Rating	Fuzzy Number			Rating	Fuzzy Number			Rating	Fuzzy Number			
1	Ring pada nozzle bermasalah	R1	MR	2	3	4	M	3	4	6	7	M	4	5	6
		R2	VL	3	4	5	M	3	4	6	7	VL	6	7	8
		R3	MR	2	3	4	L	1	2	3	4	L	5	6	7
2	Adanya busa pada produk	R1	VMR	1	2	3	L	1	2	3	4	H	2	3	4
		R2	MR	2	3	4	L	1	2	3	4	M	4	5	6
		R3	VMR	1	2	3	R	1	1	2		MH	3	4	5
3	Volume botol tidak seragam	R1	M	5	6	7	L	1	2	3	4	MH	3	4	5
		R2	M	5	6	7	L	1	2	3	4	H	2	3	4
		R3	L	4	5	6	L	1	2	3	4	MH	3	4	5
4	Kurangnya skill operator untuk mengoperasikan dan setting mesin	R1	H	6	7	8	M	3	4	6	7	M	4	5	6
		R2	M	5	6	7	L	1	2	3	4	M	4	5	6
		R3	L	4	5	6	L	1	2	3	4	M	4	5	6
5	Kurangnya ketanggapan operator	R1	L	4	5	6	L	1	2	3	4	H	2	3	4
		R2	L	4	5	6	R	1	1	2		VH	1	2	3
		R3	MR	2	3	4	L	1	2	3	4	VH	1	2	3
6	Mesin sering macet	R1	L	4	5	6	L	1	2	3	4	H	2	3	4
		R2	M	5	6	7	L	1	2	3	4	VH	1	2	3
		R3	L	4	5	6	L	1	2	3	4	H	2	3	4
7	Intensitas penyemprotan alkohol belum sesuai	R1	H	6	7	8	L	1	2	3	4	M	4	5	6
		R2	H	6	7	8	M	3	4	6	7	H	2	3	4
		R3	M	5	6	7	M	3	4	6	7	MH	3	4	5
8	Suhu produk yang beragam	R1	VMR	1	2	3	R	1	1	2		H	2	3	4
		R2	VMR	1	2	3	R	1	1	2		MH	3	4	5
		R3	MR	2	3	4	R	1	1	2		VH	1	2	3

Sumber: Data Primer Diolah (2017).



## Lampiran 21. Agregasi Penilaian Peringkat *Fuzzy* terhadap Faktor S, O, D

### 1. *Severity*

No.	Penyebab	R	Rating	Fuzzy Number			W x FN			Total	$\sum R^s$	$R_t^s$
1	Ring pada nozzle bermasalah	R1	MR	2	3	4	0.80	1.20	1.60	3.60	9.90	3.30
		R2	VL	3	4	5	0.90	1.20	1.50	3.60		
		R3	MR	2	3	4	0.60	0.90	1.20	2.70		
							<b>2.30</b>	<b>3.30</b>	<b>4.30</b>			
2	Adanya busa pada produk	R1	VMR	1	2	3	0.40	0.80	1.20	2.40	6.90	2.30
		R2	MR	2	3	4	0.60	0.90	1.20	2.70		
		R3	VMR	1	2	3	0.30	0.60	0.90	1.80		
							<b>1.30</b>	<b>2.30</b>	<b>3.30</b>			
3	Volume botol tidak seragam	R1	M	5	6	7	2.00	2.40	2.80	7.20	17.10	5.70
		R2	M	5	6	7	1.50	1.80	2.10	5.40		
		R3	L	4	5	6	1.20	1.50	1.80	4.50		
							<b>4.70</b>	<b>5.70</b>	<b>6.70</b>			
4	Kurangnya <i>skill</i> operator untuk mengoperasikan dan <i>setting</i> mesin	R1	H	6	7	8	2.40	2.80	3.20	8.40	18.30	6.10
		R2	M	5	6	7	1.50	1.80	2.10	5.40		
		R3	L	4	5	6	1.20	1.50	1.80	4.50		
							<b>5.10</b>	<b>6.10</b>	<b>7.10</b>			
5	Kurangnya ketanggapan operator	R1	L	4	5	6	1.60	2.00	2.40	6.00	13.20	4.40
		R2	L	4	5	6	1.20	1.50	1.80	4.50		
		R3	MR	2	3	4	0.60	0.90	1.20	2.70		
							<b>3.40</b>	<b>4.40</b>	<b>5.40</b>			
6	Mesin sering macet	R1	L	4	5	6	1.60	2.00	2.40	6.00	15.90	5.30
		R2	M	5	6	7	1.50	1.80	2.10	5.40		
		R3	L	4	5	6	1.20	1.50	1.80	4.50		
							<b>4.30</b>	<b>5.30</b>	<b>6.30</b>			
7	Intensitas penyemprotan alkohol belum sesuai	R1	H	6	7	8	2.40	2.80	3.20	8.40	20.10	6.70
		R2	H	6	7	8	1.80	2.10	2.40	6.30		
		R3	M	5	6	7	1.50	1.80	2.10	5.40		
							<b>5.70</b>	<b>6.70</b>	<b>7.70</b>			
8	Suhu produk yang beragam	R1	VMR	1	2	3	0.40	0.80	1.20	2.40	6.90	2.30
		R2	VMR	1	2	3	0.30	0.60	0.90	1.80		
		R3	MR	2	3	4	0.60	0.90	1.20	2.70		
							<b>1.30</b>	<b>2.30</b>	<b>3.30</b>			

## Lampiran 21. (Lanjutan) Agregasi Penilaian Peringkat *Fuzzy* terhadap Faktor S, O, D

### 2. Occurrence

No.	Penyebab	R	Rating	Fuzzy Number				W x FN				Total	$\sum R^o$	$\bar{R}_i^o$
1	Ring pada nozzle bermasalah	R1	M	3	4	6	7	1.20	1.60	2.40	2.80	8.00	17.00	5.67
		R2	M	3	4	6	7	0.90	1.20	1.80	2.10	6.00		
		R3	L	1	2	3	4	0.30	0.60	0.90	1.20	3.00		
								2.40	3.40	5.10	6.10			
2	Adanya busa pada produk	R1	L	1	2	3	4	0.40	0.80	1.20	1.60	4.00	8.20	2.73
		R2	L	1	2	3	4	0.30	0.60	0.90	1.20	3.00		
		R3	R	1	1	2	0	0.30	0.30	0.60	0.00	1.20		
								1.00	1.70	2.70	2.80			
3	Volume botol tidak seragam	R1	L	1	2	3	4	0.40	0.80	1.20	1.60	4.00	10.00	3.33
		R2	L	1	2	3	4	0.30	0.60	0.90	1.20	3.00		
		R3	L	1	2	3	4	0.30	0.60	0.90	1.20	3.00		
								1.00	2.00	3.00	4.00			
4	Kurangnya skill operator untuk mengoperasikan dan setting mesin	R1	M	3	4	6	7	1.20	1.60	2.40	2.80	8.00	14.00	4.67
		R2	L	1	2	3	4	0.30	0.60	0.90	1.20	3.00		
		R3	L	1	2	3	4	0.30	0.60	0.90	1.20	3.00		
								1.80	2.80	4.20	5.20			
5	Kurangnya ketanggapan operator	R1	L	1	2	3	4	0.40	0.80	1.20	1.60	4.00	8.20	2.73
		R2	R	1	1	2	0	0.30	0.30	0.60	0.00	1.20		
		R3	L	1	2	3	4	0.30	0.60	0.90	1.20	3.00		
								1.00	1.70	2.70	2.80			
6	Mesin sering macet	R1	L	1	2	3	4	0.40	0.80	1.20	1.60	4.00	10.00	3.33
		R2	L	1	2	3	4	0.30	0.60	0.90	1.20	3.00		
		R3	L	1	2	3	4	0.30	0.60	0.90	1.20	3.00		
								1.00	2.00	3.00	4.00			
7	Intensitas penyemprotan alkohol belum sesuai	R1	L	1	2	3	4	0.40	0.80	1.20	1.60	4.00	16.00	5.33
		R2	M	3	4	6	7	0.90	1.20	1.80	2.10	6.00		
		R3	M	3	4	6	7	0.90	1.20	1.80	2.10	6.00		
								2.20	3.20	4.80	5.80			
8	Suhu produk yang beragam	R1	R	1	1	2	0	0.40	0.40	0.80	0.00	1.60	4.00	1.33
		R2	R	1	1	2	0	0.30	0.30	0.60	0.00	1.20		
		R3	R	1	1	2	0	0.30	0.30	0.60	0.00	1.20		
								1.00	1.00	2.00	0.00			

## Lampiran 21. (Lanjutan) Agregasi Penilaian Peringkat *Fuzzy* terhadap Faktor S, O, D

### 3. *Detection*

No.	Penyebab	R	Rating	Fuzzy Number			W x FN			Total	$\sum R^D$	$\tilde{R}_i^D$
1	Ring pada nozzle bermasalah	R1	M	4	5	6	1.60	2.00	2.40	6.00	17.70	5.90
		R2	VL	6	7	8	1.80	2.10	2.40	6.30		
		R3	L	5	6	7	1.50	1.80	2.10	5.40		
						4.90	5.90	6.90				
2	Adanya busa pada produk	R1	H	2	3	4	0.80	1.20	1.60	3.60	11.70	3.90
		R2	M	4	5	6	1.20	1.50	1.80	4.50		
		R3	MH	3	4	5	0.90	1.20	1.50	3.60		
						2.90	3.90	4.90				
3	Volume botol tidak seragam	R1	MH	3	4	5	1.20	1.60	2.00	4.80	11.10	3.70
		R2	H	2	3	4	0.60	0.90	1.20	2.70		
		R3	MH	3	4	5	0.90	1.20	1.50	3.60		
						2.70	3.70	4.70				
4	Kurangnya skill operator untuk mengoperasikan dan setting mesin	R1	M	4	5	6	1.60	2.00	2.40	6.00	15.00	5.00
		R2	M	4	5	6	1.20	1.50	1.80	4.50		
		R3	M	4	5	6	1.20	1.50	1.80	4.50		
						4.00	5.00	6.00				
5	Kurangnya ketanggapan operator	R1	H	2	3	4	0.80	1.20	1.60	3.60	7.20	2.40
		R2	VH	1	2	3	0.30	0.60	0.90	1.80		
		R3	VH	1	2	3	0.30	0.60	0.90	1.80		
						1.40	2.40	3.40				
6	Mesin sering macet	R1	H	2	3	4	0.80	1.20	1.60	3.60	8.10	2.70
		R2	VH	1	2	3	0.30	0.60	0.90	1.80		
		R3	H	2	3	4	0.60	0.90	1.20	2.70		
						1.70	2.70	3.70				
7	Intensitas penyemprotan alkohol belum sesuai	R1	M	4	5	6	1.60	2.00	2.40	6.00	12.30	4.10
		R2	H	2	3	4	0.60	0.90	1.20	2.70		
		R3	MH	3	4	5	0.90	1.20	1.50	3.60		
						3.10	4.10	5.10				



**Lampiran 22.** Agregasi Perhitungan Bobot Kepentingan Faktor S, O, D

- Rekap Kuesioner Bobot Kepentingan Faktor S, O, D

R	Faktor		
	S	O	D
R1	H	M	M
R2	M	M	M
R3	H	H	L

- Perhitungan Agregasi Bobot Kepentingan Faktor S, O, D

Severity										
R	Rating	Fuzzy Weight			W x FW			Total	$\sum \tilde{w}^S$	$\tilde{w}^S$
R1	H	0.50	0.75	1.00	0.20	0.30	0.40	0.90	2.03	0.68
R2	M	0.25	0.50	0.75	0.08	0.15	0.23	0.45		
R3	H	0.50	0.75	1.00	0.15	0.23	0.30	0.68		
					0.43	0.68	0.93			
Occurrence										
R	Rating	Fuzzy Weight			W x FW			Total	$\sum \tilde{w}^O$	$\tilde{w}^O$
R1	M	0.25	0.5	0.75	0.10	0.20	0.30	0.60	1.73	0.58
R2	M	0.25	0.5	0.75	0.08	0.15	0.23	0.45		
R3	H	0.5	0.75	1	0.15	0.23	0.30	0.68		
					0.33	0.58	0.83			
Detection										
R	Rating	Fuzzy Weight			W x FW			Total	$\sum \tilde{w}^D$	$\tilde{w}^D$
R1	M	0.25	0.5	0.75	0.10	0.20	0.30	0.60	1.28	0.43
R2	M	0.25	0.5	0.75	0.08	0.15	0.23	0.45		
R3	L	0	0.25	0.5	0.00	0.08	0.15	0.23		
					0.18	0.43	0.68			





## Lampiran 23. Penentuan Nilai FRPN

No.	Penyebab	$\bar{R}_i^s$	$\bar{R}_i^o$	$\bar{R}_i^D$	$\hat{w}^s$	$\hat{w}^o$	$\hat{w}^D$	FRPN	Peringkat
1	Ring pada nozzle bermasalah	3.30	5.67	5.90	0.68	0.58	0.43	4.60	3
2	Adanya busa pada produk	2.30	2.73	3.90				2.79	7
3	Volume botol tidak seragam	5.70	3.33	3.70				4.25	4
4	Kurangnya skill operator untuk mengoperasikan dan setting mesin	6.10	4.67	5.00				5.29	2
5	Kurangnya ketanggapan operator	4.40	2.73	2.40				3.20	6
6	Mesin sering macet	5.30	3.33	2.70				3.81	5
7	Intensitas penyemprotan alkohol belum sesuai	6.70	5.33	4.10				5.47	1
8	Suhu produk yang beragam	2.30	1.33	3.00				2.04	8

